

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Larisa Bertić

Diplomski studij Ekološka poljoprivreda

EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA I USLUGE EKOSUSTAVA

Diplomski rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Larisa Bertić

Diplomski studij Ekološka poljoprivreda

EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA I USLUGE EKOSUSTAVA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Irena Jug, mentor
3. Izv. prof. dr. sc. Dalida Galović, član

Osijek 2019.

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	EKOSUSTAV I AGROEKOSUSTAV	3
2.1.	Prirodni ekosustavi	3
3.	EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA.....	6
4.	USLUGE EKOSUSTAVA.....	8
4.1.	Usluge ekosustava i poljoprivreda	9
4.2.	Proizvodnja hrane i usluge ekosustava.....	11
4.3.	Pojasevi bioraznolikosti u svojstvu usluga ekosustava	12
5.	OPRAŠIVANJE I OPRAŠIVAČI.....	14
5.1.	Važnost oprašivača	15
6.	FUNKCIJE TLA I USLUGE EKOSUSTAVA.....	18
6.1.	Obrada tla	18
6.1.1.	Konvencionalna (standardna) obrada tla i konvencionalni način uzgoja	19
6.1.2.	Konzervacijska (reducirana) obrada tla i konzervacijska poljoprivreda	20
6.1.3.	Uzgoj bez obrade tla (no-till).....	21
6.2.	Upravljanje ostacima usjeva.....	23
7.	UTJECAJ STAKLENIČKIH PLINOVA NA EKOSUSTAV	26
8.	BIOLOŠKA KONTROLA KAO USLUGA EKOSUSTAVA	29
8.1.	Prirodni neprijatelji.....	29
8.1.1.	Parazitoidni kukci	29
8.1.2.	Patogeni organizmi	30
8.1.3.	Predatori.....	30
8.1.4.	Entomopatogene nematode.....	31
8.2.	Metode biološke kontrole	33
8.2.1.	Konzervacijska biološka kontrola.....	33
8.2.2.	Klasična biološka kontrola	33
8.2.3.	Augmentativna biološka kontrola.....	34
8.3.	Prednosti i nedostaci biološke kontrole.....	34
9.	ZAKLJUČAK.....	36
10.	POPIS LITERATURE.....	37
11.	SAŽETAK.....	48

12. SUMMARY	49
13. POPIS SLIKA	50

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Priroda kao skup sveukupne biološke i krajobrazne raznolikosti, ima neprocjenjivu vrijednost svim živim bićima te ju je potrebno štititi na način da očuvamo njenu bioraznolikost te da posebnu pozornost posvetimo uslugama ekosustava koje su preduvjet opstanka života na Zemlji.

Ekosustav je skup biotskih i abiotskih elemenata i procesa koji imaju utjecaja na ponašanje i život određene jedinice u definiranom prirodnom okruženju (Jug, 2015.). Svaki ekosustav ima svoje specifične biotske i abiotske elemente i svako dodavanje novih elemenata u taj sustav često zna rezultirati negativnim posljedicama, koje mogu dovesti i do izumiranja pojedinih vrsta koje su živjele u tom ekosustavu (Jug, 2015.)

Usluge ekosustava obuhvaćaju sve procese i stanja pomoću kojih je omogućeno funkcioniranje ekoloških sustava i svih njemu pripadajućih organizama u smislu stvaranja izravnih i neizravnih koristi za sveobuhvatan život na Zemlji.

Poljoprivredni ekosustavi pružaju hranu, bioenergiju, lijekove te su od velike važnosti za dobrobit čovjeka. Ovi sustavi se oslanjaju na usluge prirodnih ekosustava, kao što su biološka kontrola štetnika, oprašivanje kukcima, plodnost tla, održavanje strukture tla, kruženje hranjivih tvari itd. te su presudni za konstantnu proizvodnju dovoljne količine hrane za rastuću populaciju ljudi u svijetu (Power, 2010.). Ekološka poljoprivreda je najodrživiji i ekološki najprihvatljiviji način korištenja poljoprivrednog zemljišta. Upotrebom organskih gnojiva i bioloških metoda za regulaciju štetočina i bolesti umjesto kemijski sintetiziranih pesticida i mineralnih gnojiva, ekološka poljoprivreda minimalizira negativne utjecaje na prirodni ekosustav, a istovremeno pruža pozitivne usluge ekosustava (Kühling i Trautz, 2013.).

Usluge ekosustava podrazumijevaju sve izravne i neizravne doprinose ekosustava a koji se odnose na dobrobit ljudi. Izvori energije, građa, prehrana ljudi i životinja, ublažavanje klimatskih promjena i drugih nepogoda, održavanje povoljnih životnih uvjeta, omogućavanje duhovne i intelektualne interakcije s prirodom i razne druge usluge koje nam ekosustav pruža od presudne su važnosti za čovječanstvo te je zato izuzetno važno ekosustave sagledati, procijeniti i očuvati na način koji će u potpunosti podržati te usluge. (AZO, 2015.).

Dobrim poznavanjem svojstava ekosustava i njihovih usluga moguće je predvidjeti odvijanje procesa u okviru različitih scenarija razvoja čovječanstva. Zaustaviti gubitak bioraznolikosti i degradaciju usluga ekosustava na globalnoj razini glavni je cilj Europske strategije o bioraznolikosti do 2020. godine (<https://www.eea.europa.eu/hr/themes/bioraznolikost-ekosustavi/bioraznolikost-ekosustavi>).

Cilj rada je objasniti koncept usluga ekosustava i njihove primjene u ekološkoj poljoprivredi sa ciljem smanjenja negativnih posljedica intenzivne poljoprivredne proizvodnje i osiguranja sigurnost hrane.

2. EKOSUSTAV I AGROEKOSUSTAV

Ekosustav predstavlja zajednicu biljaka, životinja i mikroorganizama te njihovog neživog okoliša, koji zajedno djeluju kao funkcionalna jedinica. Ekosustave dijelimo u dvije kategorije: prirodne (prirodni ekosustav) i umjetne ili antropogene (agroekosustav). Prirodni ekosustavi za razliku od agroekosustava postoje dugi niz godina, samostalno reguliraju procese koji se u njemu javljaju, stabilniji su, a biomasu stvorenu unutar njega koriste za obogaćivanje svojih resursa, dok agroekosustavi pripadaju onim sustavima koje je kreirao čovjek. Kategoriju prirodnih ekosustava čine: močvare, šume, mora i stepe. Iako agroekosustavi ne zauzimaju više od 10 % ukupne površine Zemlje, izvori su 90 % hrane za čovječanstvo a biološka produktivnost im je daleko veća od prirodnih ekosustava (<https://hr.deborahnormansoprano.com/obrazovanie/87643-chem-prirodnaya-ekosistema-otlichaetsya-ot-agroekosistemy-otlichiya-agrocenoza-ot-estestvennyh-sistem.html>).

Za stabilnu prirodnu ravnotežu potrebni su stabilni ekosustavi koji uključuju kako prirodne tako i poljoprivredne ekosustave koji nam osiguravaju hranu za stanovništvo, stočnu hranu, bioenergiju, vlakna, itd. Plodni agroekosustavi su vrlo važni za održivu proizvodnju tih esencijalnih proizvoda zbog sve veće potražnje rastuće svjetske populacije (Power, 2010.; Porter i sur., 2009.). Agroekosustavi diljem svijeta pokazuju velike razlike u strukturi i funkciji jer su dizajnirani od strane različitih kultura u različitim uvjetima te u različitim klimatskim regijama. Djelovanje tih različitih agroekosustava između ostalog uključuju: jednogodišnje monokulture usjeva, pašne sustave, sustavi riže, tropske plantaže, sustav uzgoja tropskog pamuka itd. Ova raznolikost agroekosustava rezultira visokim asortimanom i velikom količinom usluga ekosustava, tako da možemo reći da je agroekosustav i potrošač i pružatelj usluga ekosustava (Power, 2010.).

2.1. Prirodni ekosustavi

Prirodnim ekosustavima (Slika 1.) smatraju se svi prirodni kompleksi koji su nastali prirodnim putem bez antropogenog utjecaja. Budući da postoji puno različitih tipova prirodnih ekosustava ekolozi su ih podijelili u tri glavne vrste, a to su: mora, slatkovodne vode i tlo. Osim ove podijele prirodni ekosustavi se dijele na osnovu produktivnosti i upotrebe energije na:

- Ekosustavi koji su potpuno ovisni o sunčevom zračenju – oni su neproduktivni, ali se nalaze na velikoj površini Zemlje i utječu na klimu, pročišćavaju velike količine atmosfere te su iz tog razloga vrlo važni za naš planet.
- Ekosustavi koji osim sunčevog zračenja primaju energiju i iz raznih prirodnih izvora (<https://hr.carolchanning.net/obrazovanie/81354-ekosistemy-vidy-ekosistem-raznoobrazie-vidov-prirodnih-ekosistem.html>)



Slika 1. Prirodni ekosustav (https://hr.carolchanning.net/images/obrazovanie/ekosistemi-vidi-ekosistem-raznoobrazie-vidov-prirodnih-ekosistem_2.jpg)

2.2. Umjetni (antropogeni) ekosustavi

Umjetnim ili antropogenim ekosustavima (Slika 2.) nazivamo onu vrstu ekosustava koja je nastala pod antropogenim utjecajem. Glavni uvjet za postojanje i opstanak ovakvih sustava je osim prirodnih izvora energije i izravno sudjelovanje čovjeka. Ovu vrstu ekosustava (<https://hr.carolchanning.net/obrazovanie/81354-ekosistemy-vidy-ekosistem-raznoobrazie-vidov-prirodnih-ekosistem.html>) možemo podijeliti na:

- agroekosustave koji nastaju kao rezultat ljudske proizvodnje
- tehnološki ekosustavi koji nastaju kao posljedica razvoja industrije
- urbani ekosustavi koji se javljaju kao rezultat stvaranja naselja

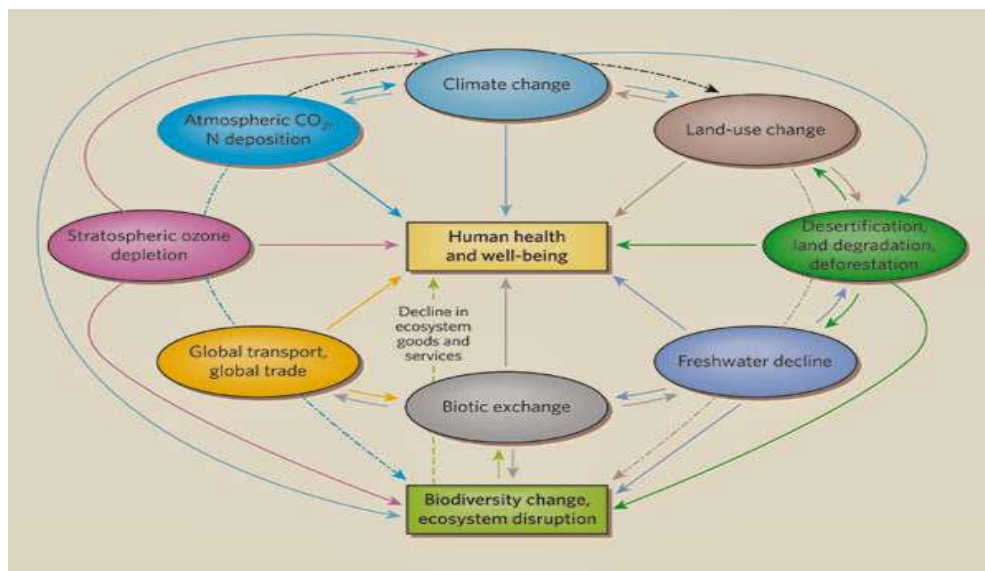


Slika 2. Antropogeni ekosustav

(https://hr.carolchanning.net/images/obrazovanie/ekosistemi-vidi-ekosistem-raznoobrazie-vidov-prirodnih-ekosistem_6.jpg)

3. EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA

Ekološka poljoprivreda (organska, biološka) je poseban sustav održivog gospodarenja u poljoprivredi i šumarstvu, a koji se odnosi na uzgoj biljaka i životinja, uključuje proizvodnju hrane, sirovina, preradu primarnih proizvoda ekološki opravdanim metodama i zahvatima. Posebnu pažnju ekološka poljoprivreda posvećuje prirodnim svojstvima biljaka, životinja i krajobrazu, povećanju prinosa i otpornosti biljaka na prirodni način uz propisanu uporabu gnojiva i sredstava za zaštitu bilja. Plodored, međuusjevi, mehaničko uništavanje korova, primjena komposta, biološka fiksacija dušika itd. (Slika 3.) samo su dio obaveznih postupaka u ekološkoj poljoprivredi koji dovode do kvalitetnog ekološkog proizvoda. Budući da je ekološka poljoprivreda prihvaćena u većini država, posebice Europske unije, to možemo shvatiti kao pozitivnu promjenu kako u poljoprivredi općenito tako i u društvu kao cjelini. (Michelsen, 2001.). Zbog sve većih i sve nepovoljnijih posljedica konvencionalne poljoprivrede, koja se bazira na velikoj potrošnji agrokemikalija, prekomjernom i neracionalnom trošenju neobnovljivih prirodnih resursa, ekološka poljoprivreda postaje sve zastupljeniji oblik uzgoja. Iako konvencionalna poljoprivreda kratkoročno ostvaruje visoke prinose i povećanu plodnost dugoročno gledajući posljedice koje nastaju konvencionalnom poljoprivredom ostavljaju trajne štetne posljedice na okoliš i djeluju razorno na cjelokupni ekosustav (Šiljković, 2001.).



Slika 3. Prirodna međuovisnost (<https://figgypiggy.weebly.com/blog/previous/8>)

Smatra se da je ekološka poljoprivreda najprimjerenija alternativa konvencionalnoj poljoprivredi te se uklapa u koncept održivog razvoja jer teži poljoprivredi koja je gospodarski isplativa i ekološki čista (Firšt i sur., 2004.). Razna istraživanja su potvrdila da povećanju bioraznolikosti, odnosno očuvanju biljnog i životinjskog svijeta, puno više pridonose ekološke metode uzgoja od konvencionalnih metoda i to na svim razinama što znači od bakterija tla pa sve do sisavaca (Fox, 2008.). Ekološka poljoprivreda, za razliku od konvencionalne (intenzivne) koja bez obzira na to što daje veće prinose dovodi do velike štete u okolišu, također može osigurati dobar prinos usjeva ali uz minimalnu štetu na ekološke čimbenike. Ovim načinom uzgoja, premda je unos gnojiva smanjen za 34 do 53 % a pesticida za 97 %, prinosi su manji za samo 20 % (Dubois i sur., 2002.). Načelo biljne i životinjske zajednice te funkcioniranje gospodarstva kao skladne cjeline (Slika 4.) jedno je od najvažnijih značajki ekološke poljoprivredne proizvodnje (Znaor, 1996.).



Slika 4. Načela ekološke poljoprivrede

(<https://gospodarski.hr/casopis/kako-zapoceti-s-ekoloskom-proizvodnjom/>)

4. USLUGE EKOSUSTAVA

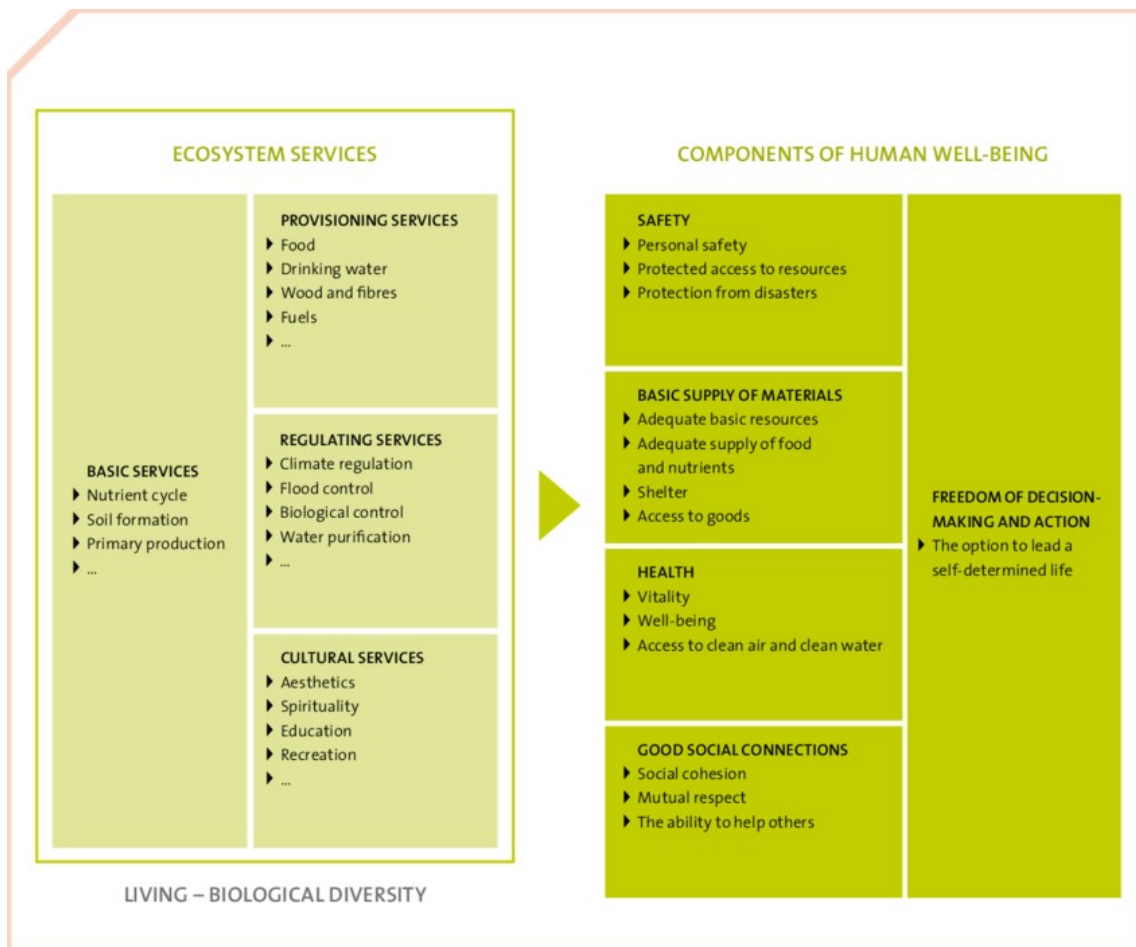
Usluge ekosustava označavaju sve one usluge koje nam pruža priroda, i to potpuno besplatno, a čovjek ih koristi. Ljudska bića su dio ekosustava i od njega imaju koristi na puno načina. Tu korist možemo još i definirati kao usluge ekosustava (Slika 5.). Korištenjem pristupa koji se temelji na uslugama ekosustava možemo povećati poljoprivrednu produktivnost i ojačati otpornost prirodnih resursa (<https://wle.cgiar.org/content/what-are-ecosystem-services>).



Slika 5. Korištenje usluga ekosustava (<https://wle.cgiar.org/content/what-are-ecosystem-services>)

Usluge ekosustava (Slika 6.) uključuju usluge podrške, opskrbe, regulacijske i kulturne usluge. Usluge podrške i opskrbe su npr. oprašivanje, biološka kontrola štetnika, formiranje tla, kruženje hraniva, odnosno sve one usluge koje nas opskrbljuju hranom i drugim sirovinama (Sandhu i sur., 2010.).

Regulacijske usluge ekosustava utječu na npr. kvalitetu vode, zaštitu od bujica i poplava, klimatske uvjete, pročišćavanje atmosfere, itd. Također postoje i kulturne usluge ekosustava koje čini estetska, rekreativna i zdravstvena funkcija.



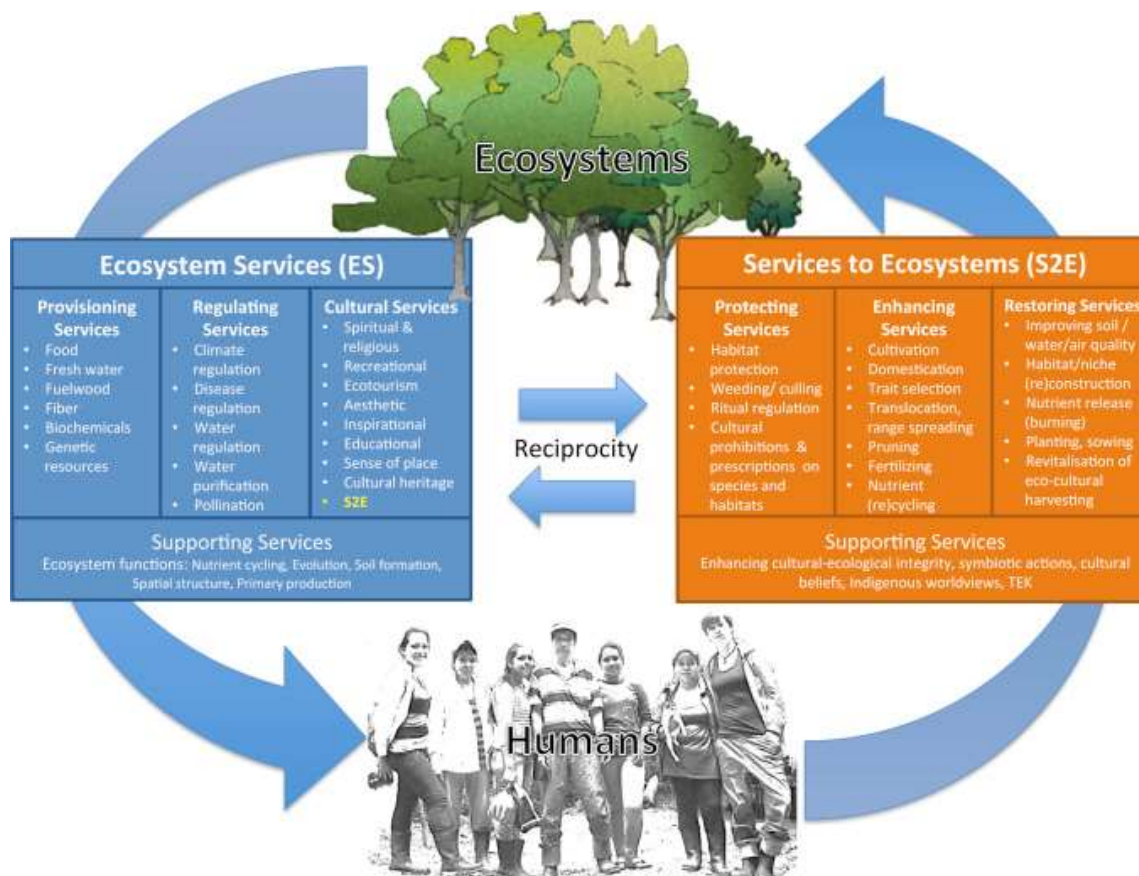
Slika 6. Usluge ekosustava (https://www.researchgate.net/figure/Millennium-Ecosystem-Assessment-approach-to-ecosystem-services-and-their-importance-for_fig8_319314681)

4.1. Usluge ekosustava i poljoprivreda

Poljoprivreda predstavlja najveći ekološki razvijeni ekosustav čovječanstva (Slika 7.) koji je uklopljen u mrežu prirodnih ekosustava (Zang i sur., 2007.). O poljoprivrednoj proizvodnji ovise i učinci i smjerovi kojima se upravlja u prirodnim ekosustavima.

Pravilnim upravljanjem poljoprivrednim zemljištem mogu se umanjiti brojni negativni učinci na ekosustav i to bez umanjivanja usluga koje nam on pruža (Power, 2010.). U suprotnom, intenzivna upotreba velike količine umjetnih gnojiva i pesticida u poljoprivrednoj proizvodnji, postaje glavni pokretač promjena u tlu koje u konačnici dovode do degradacije tla i agroekosustava (Sandhu i sur., 2010.).

Korištenjem koncepta usluga ekosustava moguće je postići dugoročnu održivost poljoprivredne proizvodnje koja je u ravnoteži između pružanja i primanja usluga ekosustava (Björklund i sur., 1999.). Intenzivna konvencionalna poljoprivreda dovodi do oštećenja i narušavanja ekosustava što može dovesti do povećanja troškova proizvodnje ili smanjene produktivnosti (Zhang i sur., 2007.).



Slika 7. Povezanost čovjeka i ekosustava (<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0959378015300145-gr1.jpg>)

Bioraznolikost ekosustava pruža usluge koje su važne u očuvanju ekološke poljoprivrede dok prekomjerna upotreba pesticida i umjetnih gnojiva ima suprotan učinak. Intenzivna upotreba konvencionalne poljoprivrede utječe i na podzemne vode koje često sadrže visoke koncentracije pesticida koji su štetni za ljudsko zdravlje (Tilman, 1999.).

Premda su u ekološkoj poljoprivredi, korištenjem usluga ekosustava, dobiveni prinos po površini manji od prinosa dobivenih konvencionalnim putem, omjer usluga koje pružaju i

šteta koje nastaju ide u korist ekološkoj poljoprivredi, jer su štete koje nastaju prirodnim putem manje izražene od onih nastalih upotrebom konvencionalne poljoprivrede (Kühling i Trautz, 2013.).

4.2. Proizvodnja hrane i usluge ekosustava

Osigurati dovoljnu količinu hrane za sve veću populaciju putem poljoprivredne proizvodnje a koristeći usluge ekosustava i pazeći da se pri tome nanese što je moguće manje štete okolišu stvara sve veći pritisak na poljoprivredu (Tilman i sur., 2011.; Garnett i sur., 2013.; Godfray i Garnett, 2014.). Slijedom toga, primjenom koncepta multifunkcionalnosti površina osiguravaju se ekološke funkcije na kojima se temelji proizvodnja usjeva, ali i sve ostale usluge ekosustava (Slika 8.). To se može postići boljim iskorištenjem zemljišta i poboljšanjem poljoprivredne prakse, smanjenim unosom gnojiva, pesticida te integriranim suzbijanjem štetočina (Garnett i Godfray, 2012.; Garnett i sur., 2013.). Plieninger i sur. (2012.) navode kako bi koncept usluga ekosustava trebao biti integriran u poljoprivrednu politiku Europske unije i to na način da se na obradivim površinama osigura dovoljno hrane, uz istovremeno očuvanje bioraznolikosti i usluga ekosustava (Pe'er i sur., 2014.).



Slika 8. Uzgoj hrane (https://es.123rf.com/photo_71297617_manos-del-cultivador-de-granos-contra-un-campo-de-trigo.html?fromid=dlk2NDFEcWR5cVltTUICRnZB)

4.3. Pojasevi bioraznolikosti u svojstvu usluga ekosustava

Intenziviranje poljoprivrede povećalo je onečišćenje/zagađenje izvora voda i tala te prouzročilo smanjenje bioraznolikosti na poljoprivrednim površinama, uključujući divlje životinje, ptice, sisavce, bezkralježnjake, kukce i divlje cvijeće (Benton i sur. 2003.; Donald i sur. 2001.; Flowerdew, 1997.; Sotherton i Self, 2000.).

Ovo povećanje zagađenja i smanjenje biološke raznolikosti direktno utječe na tri najvažnije usluge ekosustava: oprašivanje, biološku kontrolu štetočina i zaštitu kvalitete vode. Tako su npr. 2007. godine 35 % globalnih poljoprivrednih kultura oprašivale životinje (Klein i sur., 2007.), ali pad broja divljih oprašivača i pripadajućih biljaka (Biesmeijer i sur., 2006.) doveo je do smanjenog oprašivanja različitih biljnih vrsta (Kevan i Phillips, 2001.; Kremen i sur., 2002.; Garratt i sur., 2014.) što je značajno utjecalo na prinos ratarskih kultura.

Nasuprot tome, prekomjerna upotreba pesticida dovela je do povećane otpornosti na više od 500 vrsta štetočina usjeva (Green i sur., 1990.), a većina štetnih kukaca razvila je rezistentnost na često korišteni insekticid – neonikotinoid (Bass i sur., 2015.).



Slika 9. Cvjetni pojas na oranici (<https://epodravina.hr/cvjetne-trake-u-poljima-donose-vecu-zaradu/>)

Svi ti postupci imaju negativan utjecaj na ekosustav i na usluge koje nam on pruža, te se iz tog razloga primjenjuju određene mjere koje mogu ublažiti taj negativni utjecaj, poput: uvođenja prirodnih neprijatelja određenih vrsta štetočina (Fiedler i sur., 2008.), sjetve različitih biljnih vrsta koje slove kao prirodni insekticidi ili upotreba vegetacijskih traka

(cvijetni pojas, cvijetne trake) koje se koriste u Europi i integrirane su u vladine sheme zaštite okoliša (Slika 9.).

Morfološka obilježja biljnih vrsta kao npr. površina cvijeta ili lisna površina, su jedan od kriterija za upotrebu određene biljne vrste u vegetacijskim trakama koje se koriste u pojasevima bioraznolikosti te pružaju višestruke usluge ekosustava.

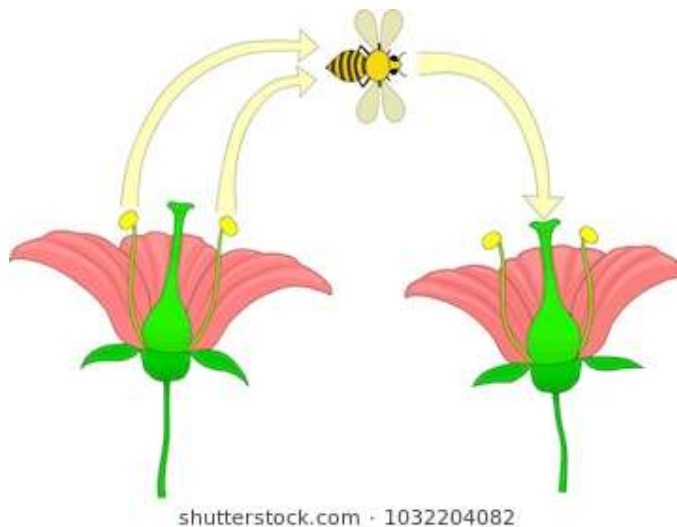
Da bi se to postiglo osmišljene su razne kombinacije biljnih vrsta koje će podržavati određene usluge ekosustava. U fitocenoze koja ne pripadaju usjevima, poput vegetacijskih traka, siju se biljne vrste koje privlače korisne kukce i oprašivače, povećavaju njihovu brojnost na određenom području i na taj način podržavaju usluge ekosustava (Hackett i Lawrence, 2015.).

U pojasevima bioraznolikosti najčešće se koriste aromatične biljke poput matičnjaka, pelina, mente, kadulje i majčine dušice koje svojim intenzivnim mirisom odbijaju štetne kukce, dok npr. kopar, buhač, neven, dragoljub i korijander se siju iz razloga što svojim mirisom privlače brojne kukce.

Osim što privlače kukce predatore koji se hrane štetnim kukcima, privlače i štetne kukce pa na taj način štite glavni usjev (<https://www.agroklub.com/eko-proizvodnja/vaznost-cvijetnih-traka-u-organskoj-proizvodnji/33040/>).

5. OPRAŠIVANJE I OPRAŠIVAČI

Jednu od najvažnijih uloga u pružanju usluga ekosustava imaju oprašivači u koje ubrajamo ptice, šišmiše, muhe, pčele, ose, bumbare i ostale kukce koji vrše uslugu uprašivanja na poljoprivrednim kulturama i divljim biljkama i to na način da prenose pelud sa jednog cvijeta na drugi i tako oprašuju biljke te na taj način omogućuju njihovo razmnožavanje (Slika 10.).



Slika 10. Oprašivanje (<https://clipartstation.com/pollination-clipart-5/>)

Prema Klein i sur. (2007.) 35 % svjetske proizvodnje usjeva u određenoj se mjeri oslanja na oprašivanje, zajedno s 85 % divljih cvijetnica (Ollerton, Winfree & Tarrant, 2011.). Slijedom toga, sve manji broj oprašivača tj. njihovo izumiranje koje se događa diljem svijeta (Potts i sur., 2010.), može predstavljati značajnu prijetnju i ljudima i prirodi.

Niz raznih pojava koje uključuju gubitak staništa (Kennedy i sur., 2013.), pesticide (Godfray i sur., 2015.), parazite i njihove patogene (Furst i sur., 2014; McMahon i sur., 2015; Wilfert i sur., 2016.), invazivne vrste (Stout & Morales, 2009.) i klimatske promjene (Kerr i sur., 2015.) postaju sve veća prijetnja oprašivačima (Vanbergen & The Insect Pollinator Initiative, 2013.).

Postupci kojima se mogu ublažiti ove prijetnje su npr. neke agroekološke metode koje osiguravaju hranu i mjesta za gniježđenje (Batary i sur., 2015.), smanjena upotreba pesticida i herbicida (Dicks, 2013.), itd.

5.1. Važnost oprašivača

Različite poljoprivredne kulture traže i različitu vrstu oprašivača pa tako postoje divlji i domaći oprašivači (Slika 14.). Veliku ulogu u proizvodnji raznih vrsta povrća, voća i krmnog bilja imaju domaći oprašivači.

Osim mednih pčela (Slika 11.), koje se smatraju najčešćim oprašivačima iako nisu i najbolji oprašivači za većinu kultura, veliku ulogu u oprašivanju imaju brojne vrste bumbara i domaćih pčela koji čak mogu biti i učinkovitiji od mednih pčela. Tako npr. oprašivanje graha uvelike ovisi o bumbarima, dok muhe, bumbari, pčele samice najčešće oprašuju jabuke, jagode, uljanu repicu (<https://blog.agrivi.com/hr/post/oprasivaci-odrzavaju-poljoprivrednu-proizvodnju>).



Slika 11. Pčela oprašuje uljanu repicu

(<https://www.flickr.com/photos/37391441@N00/17382111012/in/photostream/>)

Oprašivanje je slobodna i dostupna usluga ekosustava koja osim što je korisna zbog obilja plodova osigurava u ljudskoj prehrani dovoljne količine vitamina i kvalitetniju hranu. Tako npr. sadržaj ulja kod uljane repice ili veličina i oblik jabuke ili rok trajanja jagoda i malina poboljšani su oprašivanjem kukaca (Slika 12. i 13.).

Vrsta kukca koji će oprašiti pojedinu kulturu ovisi o godini, mjestu, klimi, vremenu i upravljanju poljoprivrednim gospodarstvom. Važnost kukaca oprašivača je vrlo velika jer se

dobrim oprašivanjem mogu povećati prinos i kvaliteta usjeva a samim time dolazi do veće proizvodnje i kvalitetnije hrane. U slučaju nedostatka kukaca oprašivača koji bi oprašivali usjeve dolazi do smanjenog broja oprašenih biljaka, smanjenog razmnožavanja biljaka što u konačnici rezultira smanjenim prinosom.



Slika 12. Utjecaj oprašivača na jagode (<http://www.insectgraphics.com/morenews.html>)



Slika 13. Utjecaj oprašivača na maline (<https://www.agrivi.com/en/farm-management>)

Zbog raznih bolesti, klimatskih promijena, upotrebe herbicida i pesticida kao i promijene u korištenju poljoprivrednog zemljišta, sve je manja populacija prirodnih oprašivača što utječe i na pružanje njihovih usluga.

Zbog sve veće rastuće populacije ljudi, a samim time i sve veće potražnje za proizvodnjom hrane, od velike je važnosti sačuvati populacije oprašivača od izumiranja i to na način da se npr. poveća raznolikost cvatućih usjeva na obradivim površinama, smanji unos insekticida i

herbicida, štite šume i livade kao i sva ostala polu prirodna staništa koja su hranilišta i gnjezdilišta oprašivačima (<https://www.agrivi.com/pocetna/upravljanje-poljoprivrednom-proizvodnjom>).



Slika 14. Divlji i domaći oprašivači (<https://blog.agrivi.com/hr/post/oprašivaci-održavaju-poljoprivrednu-proizvodnju>)

6. FUNKCIJE TLA I USLUGE EKOSUSTAVA

Obrada tla, suzbijanje štetočina, upravljanje žetvenim ostacima i management biljnim hranivima, temelj su dobre poljoprivredne prakse. Svaki od ovih načina gospodarenja tлом utječe na čitav niz funkcija tla i usluga ekosustava, uključujući dostupnost vode za navodnjavanje usjeva, suzbijanje korova, kontrolu kukaca, kvalitetu tla, kontrolu erozije tla, kontrolu onečišćenja okoliša, kontrolu stakleničkih plinova kao i prinos usjeva u polju (Stavi i sur., 2016.).

Zbog porasta globalne ljudske populacije dolazi do povećane potražnje za hranom i krmivima što dodatno ubrzava proces pretvaranja prirodnog zemljišta u obradive površine (Alexander i sur. 2015; Zdruli i sur., 2014.).

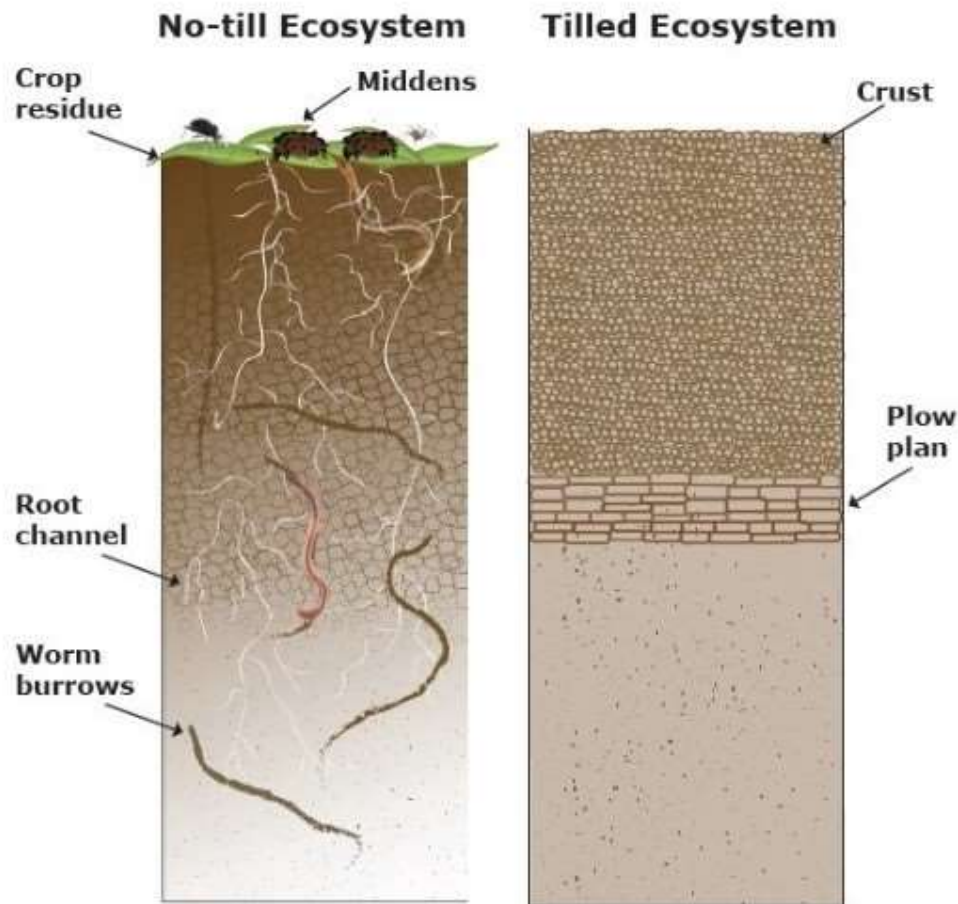
Nadalje, povećana potražnja za hranom, na globalnoj razini, dovodi do intenzivnije poljoprivredne proizvodnje, a samim time povećava se i potrošnja agrokemikalija koje imaju štetan utjecaj na cjelokupni ekosustav.

6.1. Obrada tla

Prema Jug i sur. (2015.) obrada tla predstavlja svaki mehanički zahvat u pedosferu, koji ima za cilj formirati antropogeni (kultivirani) sloj tla, formirati povoljne vodozračne odnose, kontrolu bolesti, štetočina i korova, inkorporaciju gnojiva u tlo, korigiranje klime (akumulacija, konzervacija, odvodnja) te popraviti fizikalni, kemijski i biološki kompleks tla. Sustavi obrade mogu biti konvencionalni, konzervacijski i reducirani (Jug i sur., 2017.).

Različite metode obrade tla i načina uzgoja (kao npr. konvencionalna, konzervacijska, no-till obrada) imaju i različite učinke na funkcije tla i usluge ekosustava.

Na slici 15. je prikazana biološka raznolikost tla u obrađenim i neobrađenim ekosustavima. Konzervacijska obrada i no-till obrada najbolje utječu na funkcije tla, ne narušavaju biološku raznolikost tla, prirodne resurse i usluge ekosustava, dok konvencionalna obrada tla koja podrazumjeva okretanje tla oranjem, negativno utječe na tlo što u konačnici dovodi do njegove degradacije.



Slika 15. Razlika između obrađenih i neobrađenih ekosustava
 (<https://medium.com/datadriveninvestor/why-ploughing-is-such-a-bad-idea-62956c17967c>)

6.1.1. Konvencionalna (standardna) obrada tla i konvencionalni način uzgoja

Konvencionalna obrada tla je je tip obrade tla koji se izvodi plugom i to na način da se tlo reže, podiže i premiješta. Ovim načinom obrade tlo se izlaže velikom riziku od erozije tj. odnošenje tla uslijed utjecaja vode ili vjetra. Biljni pokrov (samoniklo bilje) koji štiti tlo se zaorava a površina tla ostaje gola. Upotreba „teške mehanizacije“ dovodi do zbijanja tla, narušavanja vodno zračnih odnosa u tlu te narušavanja biološke raznolikosti tla. Konvencionalni način uzgoja svodi se na prekomjernu upotrebu mineralnih gnojiva, herbicida, pesticida, uzgoj u monokulturi, a sve u svrhu ostvarenja što većeg prinosa, što dovodi do uništenja tla i prirodnih ekosustava. Međutim, vremenom su ljudi shvatili da

konvencionalni način uzgoja ne samo da ima štetan utjecaj na okoliš nego predstavlja i rizik za zdravlje ljudi, prirodne ekosustave i usluge koje oni pružaju (Duru i sur., 2015.). Iscrpljivanje izvora vode, onečišćenje tla i voda, zagađenje zraka, erozija plodnih slojeva tla vjetrom, i vodom kao i zaslanjivanje tla neki su od glavnih štetnih utjecaja konvencionalne poljoprivrede na ekosustav (Horrigan i sur., 2002.).

Konkretno, konvencionalan način uzgoja usjeva je doveo do degradacije tla (Slika 16.), a to nadalje može dovesti do smanjene proizvodnje hrane u svijetu (Hurni i sur., 2015.) jer je dokazano da degradacija prirodnih resursa negativno utječe na plodnost tla (Agrawal, 2005; Vadez i sur., 2012.), a intenzivna upotreba konvencionalne poljoprivrede dovodi do iscrpljivanja niza usluga ekosustava (Williams i Hedlund, 2014.).



Slika 16. Degradirano tlo (<https://medium.com/datadriveninvestor/why-ploughing-is-such-a-bad-idea-62956c17967c>)

6.1.2. Konzervacijska obrada tla i konzervacijska poljoprivreda

Zbog svih negativnih posljedica koje nastaju primjenom konvencione poljoprivrede, krajem dvadesetog stoljeća, kako razvijene zemlje tako i zemlje u razvoju sve se više okreću primjeni konzervacijske (reducirane) obrade tla čiji je cilj minimalizacija negativnog utjecaja na okoliš i očuvanje prirodnih resursa i usluga ekosustava (Liu, 1999.).

Konzervacijska poljoprivreda (Slika 17.) je definirana kao način poljoprivrednog uzgoja koji promiče održavanje trajnog pokrivača tla, minimalno narušavanje tla i raznovrsnost (diverzifikacija) biljnih vrsta (Jug i sur., 2018.). Također povećava biološku raznolikost i prirodne biološke procese iznad i ispod površine tla koji doprinose poboljšanjem vodozračnih odnosa, boljem iskorištenju hraniva, povećanom sadržaju organske tvari tla te boljoj strukturi tla što u konačnici dovodi do povećanja prinosa.

Minimalno narušavanje tla obradom, trajna pokrivenost tla (najmanje 30 % pokrivenosti površine tla žetvenim ostacima) i rotacija usjeva su tri osnovna načela konzervacijske poljoprivrede (Jug i sur., 2017.). Pridržavanjem tih načela osiguravamo očuvanje ekosustava i usluga koje nam oni pružaju. (<http://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>).



Minimum mechanical soil disturbance

(i.e. no tillage) through direct seed and/or fertilizer placement.



Permanent soil organic cover

(at least 30 percent) with crop residues and/or cover crops.



Species diversification

through varied crop sequences and associations involving at least three different crops.

Slika 17. Načela konzervacijske poljoprivrede (<http://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>)

6.1.3. Uzgoj usjeva bez obrade tla (no-till)

Uzgoj usjeva bez obrade tla podrazumijeva ulaganje sjemena izravno u tlo, bez prethodne obrade. Ovim načinom sjetve, odnosno uzgoja biljaka, postiže se značajno manje zbijanje tla budući da se izostavljaju svi zahvati obrade tla koji se uobičajeno primjenjuju pri drugim načinima obrade tla za sjetvu.

Uzgoj usjeva bez obrade tla (Slika 18.) ima niz pozitivnih i negativnih specifičnosti u usporedbi s drugim sustavima uzgoja biljaka. Budući da se izostavljaju bilo koji zahvati obrade tla tlo se ne rahli što najčešće dovodi do formiranja zbijenijeg tla po cijelom profilu (Jug i sur. 2019.). Ovako zbijeno tlo može predstavljati izvjestan manji ili veći problem u početnim godinama nakon prelaska s konvencionalnog na no-till sustav uzgoja biljaka.



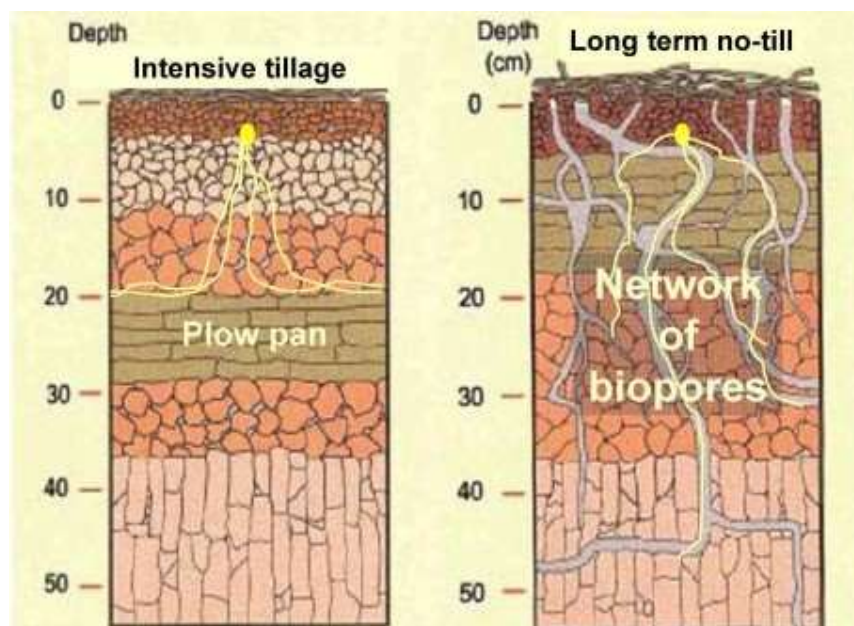
Slika 18. Sijačica za sjetvu bez obrade tla (<https://blog.agrivi.com/hr/post/najbolje-prakse-za-iskoristenje-poslijezetvenih-ostataka>)

Zaštita usjeva od bolesti, korova i štetočina pored uobičajenim metoda iziskuje i primjenu preventivnih mjera, a najučinkovitija i najčešće primjenjivana metoda je rotacija usjeva odnosno plodored. Višegodišnjom rotacijom kultura eliminiraju se razne vrste korova, a pojava bolesti i štetnika svedena je na minimum.

Sve se češće primjenjuju i razni sustavi uzgoja međuusjeva, što za pozitivnu posljedicu, osim smanjenja pojavnosti korova, bolesti i štetočina, ima i podizanje kvatitete tla s fizikalnog, kemijskog i biološkog aspekta. Sustav uzgoja usjeva bez obrade tla često se navodi kao ekološki najprihvatljivija opcija uzgoja zbog toga što na izravan i neizravan način dovodi do povećanja kvalitete tla, sadržaja organske tvari, štiti tlo od erozije vjetrom i vodom, ne narušava strukturu tla i sprječava gubitak vode iz tla, povećava biogenost tla i dr. (<https://blog.agrivi.com/hr/post/revolucija-u-poljoprivrednoj-proizvodnji-uzgoj-bez-obrade-tla>).

Tla koja nisu podvrgnuta intenzivnoj obradi imaju bolju mikrobiološku ravnotežu i veću bioraznolikost što znači da su bogatija gijavicama, korisnim kukcima iznad i ispod površine tla kao i oprašivačima koji su važan dio ekosustava. Premda se uzgojem usjeva bez obrade tla ne postižu uvijek najviši prinosi, ekonomska efikasnost je gotovo redovno veća u usporedbi uzgojem usjeva konvencionalnim načinom.

Na Slici 18. prikazana je sijačica prilagođena sjetvi bez obrade tla, a na Slici 19. prikazana je dubina prodora korijena biljke u tlo kod konvencionalne obrade i kod tehnike uzgoja bez obrade.



Slika 19. Dubina prodora korijena biljke (<https://blog.agrivi.com/hr/post/revolucija-u-poljoprivrednoj-proizvodnji-uzgoj-bez-obrade-tla>)

6.2. Gospodarenje žetvenim ostacima

Nakon žetve najčešća uobičajena poljoprivredna praksa je da se biljni žetveni ostaci odvoze s poljoprivrednih površina kao prostirka za stoku, spaljuju za dobivanje energije u energanama i spaljuju izravno na poljoprivrednim površinama.

Spaljivanjem biljnih ostataka smanjuje se plodnost tla jer dolazi do gubitka hranjivih tvari koje bi se inkorporirale u tlo, uništava se bioraznolikost biljnih i životinjskih vrsta iznad i ispod površine tla te dolazi do zagađivanja okoliša. Takva praksa uklanjanja ostataka usjeva

s poljoprivrednih površina se nije pokazala kao dobra jer dovodi do niza negativnih posljedica za tlo i cjelokupni ekosustav.

Kao neke od tih negativnih posljedica možemo navesti smanjen sadržaj vlage u tlu tj. zbog nezaštićenog (golog) tla dolazi do povećanog isparavanja vode iz tla a to znači manja dostupnost vode za usjeve (van Donk i sur., 2012.; IARI, 2012.), a osim toga povećava se i temperatura tla što može dovesti i do povećane zaraze korovima, bolestima i štetnicima (Sarajoughi i sur., 2012.).

Međutim, pravilno upravljanje žetvenim ostacima (Slika 20.), a tu se podrazumjeva ostavljanje jednog dijela ostataka na površini, a inkorporiranje preostale biljne mase, ima puno pozitivnih učinaka na tlo i ekosustav.



Slika 20. Upravljanje žetvenim ostacima (<https://blog.agrivi.com/post/plant-residue-management>)

Pokrovnost tla ostacima usjeva apsorbira negativan utjecaj kiše (zbijanje tla) i štiti tlo od erozije (Lal i Pimentel, 2009.), inkorporacijom ostataka povećava se sadržaj organskog ugljika u tlu, mikrobiološka aktivnost tla, sadržaj organske tvari u tlu, a samim time se poboljšava i struktura tla. Osim toga učinak sjenčanja koji pruža ostatak usjeva sprječava klijanje korova (Sarajoughi i sur., 2012.), smanjuje gubitak vode iz tla isparavanjem i

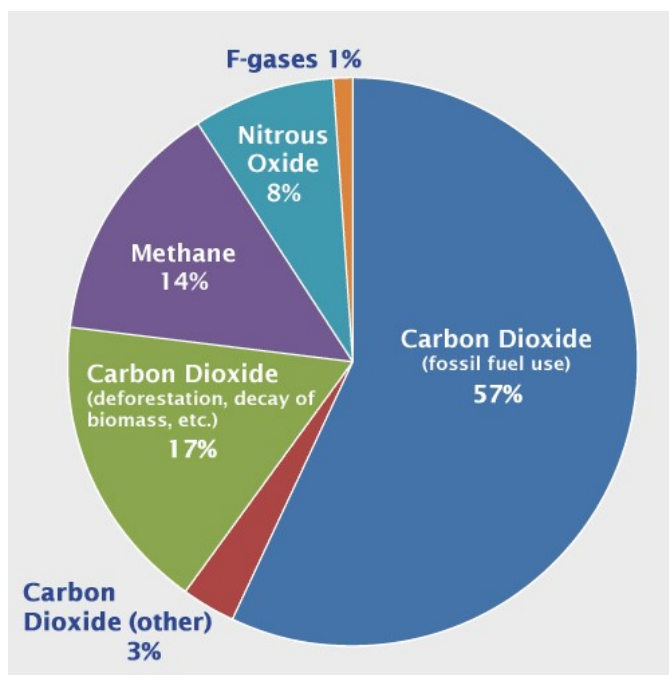
povećava raspoloživost vode za usjeve (Goavers i sur., 2007.; van Donk i sur., 2012.). Uz pomoć mikroorganizama jedan dio razložene svježe organske tvari se postupkom humifikacije pretvara u humus koji osim što je bitan za održavanje povoljne strukture tla popravljiva vodo-zračni odnos u tlu, njegova toplinska i kemijska svojstva kao i pufernu sposobnost (<https://blog.agrivi.com/hr/post/zaoravanje-biljnih-ostataka>). Biljni ostaci na površini tla mogu poslužiti kao stanište i gnijezdilište mnogim korisnim kukcima i oprašivačima (Slika 21.) što izravno pozitivno utječe na bioraznolikost.



Slika 21. Žetveni ostaci kao stanište životinjskim vrstama
(http://galeri.netfotograf.com/fotograf.asp?foto_id=559343&syf=3)

7. UTJECAJ STAKLENIČKIH PLINOVA NA EKOSUSTAV

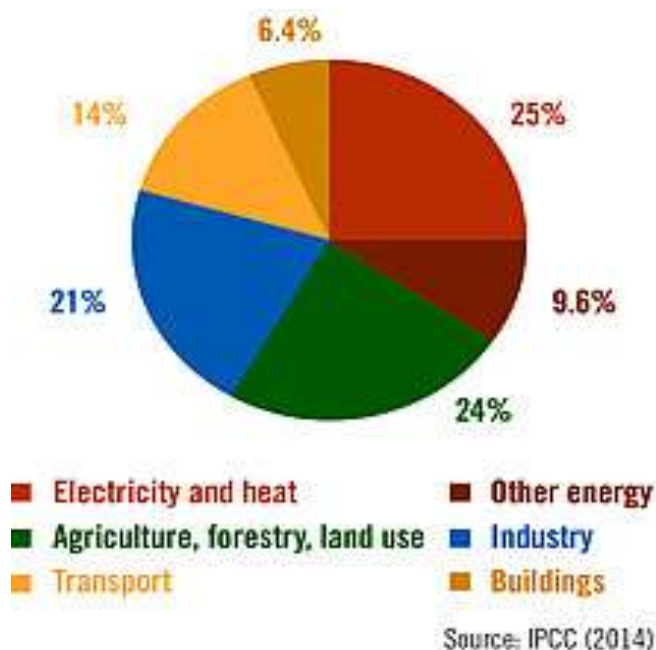
Stakleničkim plinovima smatraju se svi plinovi koji uzrokuju efekt staklenika u atmosferi. Efekt staklenika smatra se jednim od najznačajnijih uzroka globalnog zatopljenja (<https://www.ekologija.com.hr/posljedice-efekta-staklenika/>). Kako navodi Agencija za zaštitu okoliša (EPA) najznačajniji staklenički plinovi su vodena para (H_2O), ugljikov (IV) oksid, metan (CH_4) i dušikov oksid (N_2O) (Slika 22.).



Slika 22. Emisija stakleničkih plinova (<http://www.industrytap.com/the-big-picture-breakdown-of-greenhouse-gases/6201/globalghgemissionsbygas-2>)

Spaljivanje žetvenih ostataka i prekomjerna upotreba agrokemikalija dovodi do velikog gubitka prirodnih resursa i uništavanja prirodnih ekosustava zbog ispuštanja sve veće količine stakleničkih plinova u atmosferu. Najznačajniji među njima je ugljikov (IV) oksid koji podiže temperaturu atmosferskog omotača i ometa prirodnu ravnotežu (Liu i sur., 2015.). Načini gospodarenja poljoprivrednim površinama mogu tlo učiniti izvorom ugljika ili njegovim skladištem. Skladištenjem ugljika u tlu odnosno njegovom sekvestracijom jedna je od mjera za ublažavanje klimatskih promijena. Budući da se zalihe ugljika na poljoprivrednim površinama konstantno smanjuju (Lal, 2004.) primjena poboljšanih

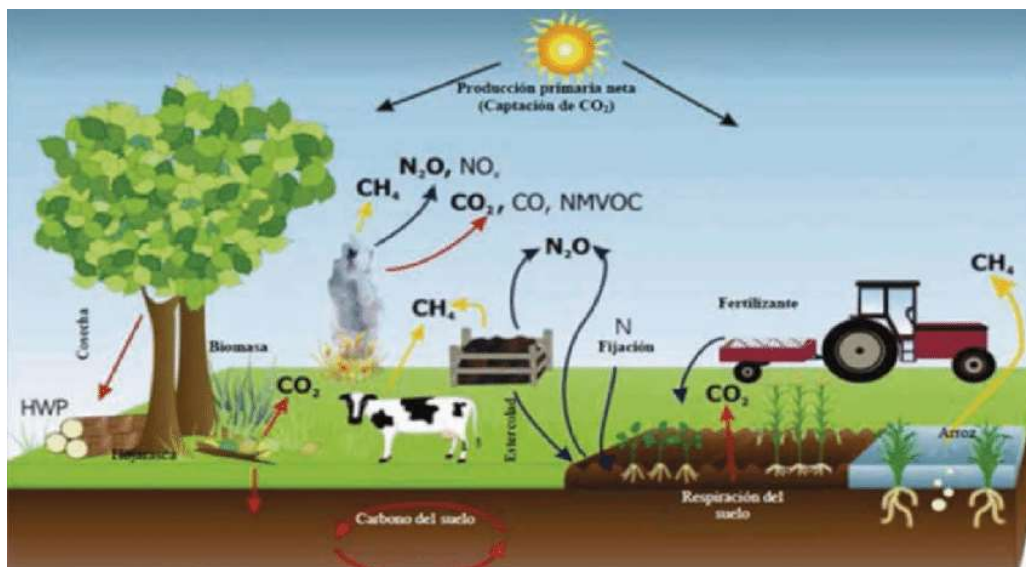
agronomskih praksi može dovesti do smanjenja gubitka ugljika iz tla ili čak do povećanog skladištenja ugljika u tlu (Freibauer i sur., 2004.). Otprilike 35 % emisije stakleničkih plinova potječe od poljoprivrede što uključuje izravnu upotrebu energije, proizvodnju gnojiva, pesticida i herbicida, upotreba strojeva i opreme za mehanizaciju, i intenzivna obrada poljoprivrednog zemljišta (FAO, 2011.) (Slika 23.).



Slika 23. Emisija stakleničkih plinova prema gospodarskom sektoru (<https://www.globalagriculture.org/report-topics/climate-and-energy.html>)

Žetveni ostaci, ako se pravilno koriste, mogu poslužiti i kao hrana korisnim kukcima i kao gnojivo biljkama. Međutim, žetveni ostaci se u mnogim područjima, a posebno u zemljama u razvoju, još uvijek umjesto inkorporacije spaljuju na polju i na taj način povećavaju emisiju stakleničkih plinova u poljoprivredi (Niggli i sur., 2009.). Primjenom ekološke poljoprivrede, koja koristi organska gnojiva i ne prakticira upotrebu agrokemikalija, ublažava se emisija stakleničkih plinova, a pri tome se zadržava plodnost tla i štiti ekosustav (Slika 24.) (FAO, 2011; Niggli i sur., 2009.). Uzgojem različitih grupa usjeva, posebno krmnih leguminoza i djetelinsko travnih smijesa, primjenom plodoređa, primjenom organskih gnojiva (komposta, stajskog gnojiva), zaoravanjem žetvenih ostataka (Diacono i

Montemurro, 2010.) smanjuje se emisija stakleničkih plinova, poboljšava se kvaliteta tla. Uvođenje ekološkog načina uzgoja, koji pored smanjene emisije stakleničkih plinova i ublažavanja klimatskih promijena, pomaže u očuvanju tla i bioraznolikosti ekosustava (Muller i sur., 2012.).



Slika 24. Emisija stakleničkih plinova u ekosustavu
(https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-5-Absorciones-fuentes-de-emision-de-GEI-y-procesos-en-ecosistemas-gestionados_fig1_274720157)

8. BIOLOŠKA KONTROLA KAO USLUGA EKOSUSTAVA

Biološka kontrola, bio kontrola ili biološko suzbijanje štetočina je metoda suzbijanja ili kontroliranja populacije nepoželjnih kukaca, životinja ili biljaka uvođenjem, poticanjem ili umjetnim povećanjem broja njihovih prirodnih neprijatelja. (Weeden i sur., 2007.). Biološka kontrola je prirodan proces koji ima važnu ulogu u suzbijanju štetnika u usjevima na polju, povrtnim usjevima i voćnjacima (De Bach i Rosen, 1991.), a može biti korisna u ekološkoj, održivoj, pa čak i u konvencionalnoj poljoprivredi (Mahr, 2017.). Ovakav način prirodne kontrole štetočina je samoodrživ, ne zagađuje okoliš, nije skup i ima pozitivan utjecaj na ekološki, ekonomski i socijalni aspekt (Gurr i Wratten, 2000.). Glavna je komponenta održive poljoprivrede koja se temelji na proizvodnji hrane bez degradacije resursa okoliša. Povećanjem ljudske svijesti o posljedicama koje uzrokuje upotreba agrokemikalija na ekosustav i usluge ekosustava, primijećeno je značajno smanjenje upotrebe pesticida i porast upotrebe sredstva za biološku kontrolu odnosno uvođenje prirodnih neprijatelja. Biološka kontrola ovisi o mnogim čimbenicima, međutim najvažnija su ova tri: obilje prirodnih neprijatelja u tlu, razina proizvodnje te mogućnost primjene određenih prirodnih neprijatelja za suzbijanje štetočina (Saleh i sur., 2017.).

8.1. Prirodni neprijatelji

Biološka kontrola štetnika i korova oslanja se na predatore, parazite, biljojede i na sve ostale prirodne mehanizme ekosustava koji služe ljudskoj svrsi, a u skladu su sa prirodom (https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Biological_pest_control).

Prirodni neprijatelji štetočina, također poznati kao sredstva za kontrolu, uključuju grabežljive i parazitoidne kukce, predatorske kralježnjake, entomopatogene i parazitne nematode, gljive, bakterije kao i razne vrste virusnih patogena (Metcalf i sur., 1973.).

8.1.1. Parazitoidni kukci

Parazitoidni kukci su različite skupine kukaca koji polažu svoja jaja na ili u tijelo domaćina kukaca koji se potom koriste kao hrana za razvoj ličinki. Ovu skupinu parazitoidnih kukaca većinom čine ose (parazitske osice) (Slika 25.) ili muhe (Hoddle i sur., 2006.). Iako većina parazitoida ima vrlo uzak raspon domaćina oni su vrlo korisni u organskoj poljoprivredi jer osim što se hrane štetočinama pružaju i uslugu oprašivanje biljaka.



Slika 25. Parazitska osica sprječava napad maslinovog moljca
(<https://www.maslinar.com/parazitske-osice-unistavaju-moljca/>)

8.1.2. *Patogeni organizmi*

Patogeni organizmi uzrokuju bolesti, a toj skupini pripadaju bakterije, virusi i gljivice. Oni oslabe ili ubiju domaćina i vrlo su specifični za određene grupe štetočina ili korova.

8.1.3. *Predatori*

Predatori su uglavnom slobodnoživuće vrste koje tijekom svog životnog vijeka unište veliki broj štetnih kukaca. Jedni od najznačajnijih predatora štetnih kukaca su Bubamare (Slika 27.) i Zlatooke (Slika 28.). Ovi kukci, a posebno njihove ličinke, su predatori zelenih i crnih lisnih uši i manjih gusjenica.

Predatorske grinje (Slika 26.) iz porodice *Phytoseiidae* često se koriste u biološkoj kontroli za suzbijanje napada tripsa, paukove grinje i crvenog pauka ispod razine praga štetnosti u poljoprivrednim ekosustavima (Fahim, 2016.; Gerson i sur., 2003.).



Slika 26. Predatorska grinja (<https://uspest.org/potato/mitepredators.html>)



Slika 27. Bubamara - predator lisnih uši (<https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/korisnikuci-u-poljoprivredi/>)



Slika 28. Zlatooka - predator lisnih uši (<https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>)

8.1.4. Entomopatogene nematode

Entomopatogene nematode koje pripadaju porodicama *Steinernematidae* i *Mermithidae* žive u simbiozi sa bakterijama koje im tijekom njihovog razvoja u kukcu osiguravaju hranu i

pomažu u bržem svladavanju domaćina. Nematode parazitiraju štetnika na način da uđu u njega kroz kutikulu ili prirodne otvore na tijelu (traheje, usta ili crijevni otvor), a mogu ući i pasivno hranom. (Slika 29.) Nematode tada iz svog probavnog trakta izbacuju simbiotske bakterije koje se hrane i razmnožavaju u hemolimfi kukca koji na kraju ugine u roku 24-72 sata (Smart, 1995.).



Slika 29. Ličinka parazitirana entomopatogenom nematodom
(<https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>)

Budući da u prirodnim uvjetima (u vodi, tlu ili na biljkama) ne možemo naći dovoljno veliku populaciju entomopatogenih nematoda one su se počele masovno uzgajati u laboratorijima širom svijeta (Gaugler, 1992.). Uzgojene nematode potom se isporučuju u plastičnim vrećicama, na vlažnoj spužvi ili u pijesku (Nickle 1980.). Korištenje entomopatogenih nematoda u biološkoj kontroli štetnika ima niz prednosti u odnosu na upotrebu kemijskih sredstava (Gaugler, 1992.; Peterson, 1995.):

- imaju visoki potencijal razmnožavanja,
- djeluju brzo i učinkovito kroz duže razdoblje,
- nisu štetne za okoliš niti za druge žive organizme,
- jednostava primjena,
- pri aplikaciji nije potrebna zaštitna oprema,
- nema opasnosti od rezidua,
- imaju široku listu domaćina itd.

Zbog toga što imaju niz prednosti u odnosu na kemijska sredstva, sigurnu i ekološki prihvatljivu upotrebu i učinkovito suzbijaju štetne kukce, struka preporučuje primjenu

entomopatogenih nematoda u biološkoj kontroli štetnih kukaca kao jednu od mjera očuvanja ekosustava i usluga koje nam on pruža.

8.2. Metode biološke kontrole

Postoje tri osnovna načina biološke kontrole štetočina, a to su konzervacijska biološka kontrola, klasična biološka kontrola i augmentativna biološka kontrola.

8.2.1. Konzervacijska biološka kontrola

Konzervacijska biološka kontrola je provođenje postupaka koji održavaju i poboljšavaju razmnožavanje i učinkovitost prirodnih neprijatelja (grabežljivaca, parazitoida i patogena) štetočina. Prirodni neprijatelji su važni za regulaciju populacije velikog broja štetnih kukaca u poljoprivredi te iz tog razloga treba izbjeći sve štetne postupke koji bi mogli dovesti do smanjenja njihove populacije (McCravy, 2008.).

8.2.2. Klasična biološka kontrola

Klasična biološka kontrola predstavlja namjerno uvođenje egzotičnog prirodnog neprijatelja na novi lokalitet, tamo gdje nije njegovo prirodno stanište, s ciljem trajne kontrole štetočina (Hajek, 2004.; Van Driesche i sur., 2008.). Klasična biološka kontrola se provodi na više ciljanih organizama, a najčešće protiv kukaca koristeći parazitoide i grabežljivce, a povremeno i patogene. Glavni rizik koji predstavlja uvođenje novog egzotičnog prirodnog neprijatelja (parazitoida, grabežljivca ili entomopatogena) su mogući izravni učinci na neciljane organizme odnosno ubijanje domaćina što kasnije utječe i na populaciju cijele zajednice (Hajek i sur., 2016.; Van Driesche i Hoddle, 2017.). Iako je dugotrajan i nije skup ovaj način biološke kontrole ima i svoje nedostatke. U nekim slučajevima uvedeni prirodni neprijatelji se ne mogu prilagoditi novom ekološkom sustavu u koji je doveden ili se prilagodi ali nema nikakav učinak (Hoffman i Frodsham, 1993.; Julien i Griffiths, 1998.). Klasična biološka kontrola zbog svog sporog djelovanja, a vrlo kratkog uzgojnog ciklusa pojedinih kultura, najučinkovitija je u stabilnim ekosustavima kao što su šume, travnjaci, pašnjaci i dr. (Hoffman i Frodsham, 1993.; Charudattan i Dinnor, 2000.).

8.2.3. *Augmentativna biološka kontrola*

Augmentativna biološka kontrola odnosi se na povremeno oslobađanje prirodnih neprijatelja koji se uzgajaju u biološkim laboratorijima s ciljem puštaja u velikom broju radi brzog suzbijanja štetočina (van Lenteren, 2012.). Augmentativna kontrola može biti inundativna i inokulativna. Kod inundativne kontrole se pušta veliki broj prirodnih neprijatelja i to u nekoliko ponavljanja, dok se kod inokulativne kontrole pušta mali broj prirodnih neprijatelja i to samo u kritičnom periodu (Hoffman i Frodsham, 1993.).

8.3. Prednosti i nedostaci biološke kontrole

Premda se biološkom kontrolom smanjuje ali ne iskorijenjuje populacija štetočina, ovaj način kontrole koji se temelji na uvođenju prirodnih neprijatelja umjesto korištenja pesticida i herbicida, ne zagađuje i ne uništava ekosustav pa je iz tog razloga sigurna i ekološki prihvatljiva metoda za suzbijanje štetočina.

Uvođenjem određene vrste predatora kontrolira se samo ciljane populacija štetočina dok se npr. upotrebom kemijskih sredstva za suzbijanje štetočina mogu osim populacije štetočina uništiti i korisni kukci kao i sama biljka. Nadalje, biološka kontrola je samoodrživ sustav i na taj način može funkcionirati mnogo duže od ostalih metoda suzbijanja štetočina. Premda uvođenje nove vrste u okoliš iziskuje određenu investiciju, dugoročno gledajući ova metoda je isplativija jer ima samo početno ulaganje (<https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>).

Iako ima puno pozitivnih strana ovaj način kontroliranja štetnika ima i svoje negativne strane (Slika 30.). U slučaju da se uvedeni predator "izgubi" u ekosustavu njega se više ne može kontrolirati, a to može dovesti do toga da se umjesto ciljane populacije prebaci na uništavanje korisnih kukaca ili samog usjeva. Osim toga, uvođenjem predatora u ekosustav postoji rizik poremećaja prirodnih prehrambenih lanaca (<https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>).

Advantages & Disadvantages Biological Control

Advantages

- Low cost
- Has the potential to be permanent
- Not harmful to non-target organisms
- No toxicity or residue problems
- The pest is unable (or very slow) to develop a resistance.
- Selectivity, it does not intensify or create new pest problems.

Disadvantages

- Not always applicable
- Level of control may not be sufficient
- Research costs are high and sometime may not produce results
- It requires expert supervision.
- It is difficult and expensive to develop and supply

Slika 30. Prednosti i nedostaci biološke kontrole (<https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>)

Premda je biološka kontrola kao jedna od najvažnijih usluga ekosustava, spor proces koji ne uništava populaciju štetočina nego ju samo brojčano smanjuje, najvažnije od svega je da je taj proces učinkovit, populacija štetočina će se smanjiti ispod praga štetnosti i to bez upotrebe agrokemikalija, a uz očuvanje cjelokupnog ekosustava.

9. ZAKLJUČAK

Ekološka proizvodnja predstavlja poseban sustav održivoga gospodarenja u poljoprivredi i šumarstvu koji obuhvaća uzgoj bilja i životinja, proizvodnju hrane, sirovina i prirodnih vlakana te preradu primarnih proizvoda, a uključuje sve ekološki, gospodarski i društveno opravdane proizvodno-tehnološke metode, zahvate i sustave, najpovoljnije koristeći plodnost tla i raspoložive vode, prirodna svojstva biljaka, životinja i krajobraza, povećanje prinosa i otpornosti biljaka s pomoću prirodnih sila i zakona, uz propisanu uporabu gnojiva, sredstava za zaštitu bilja i životinja, sukladno s međunarodno usvojenim normama i načelima koji se odnosi na proizvodnju hrane, uzgoj biljaka i životinja ekološkim metodama. Primjenom ekološke poljoprivrede utječemo na povećanje raznolikost i varijabilnost životinja, biljaka i mikroorganizama koji su neophodni za održavanje ključnih funkcija u agroekosustavu, njegove strukture i procesa u proizvodnji i sigurnosti hrane.

Iako konvencionalni pristup poljoprivrednoj proizvodnji, koja se temelji na upotrebi mineralnih gnojiva, teške mehanizacije, pesticida i herbicida može osigurati visok i stabilan prinos usjeva, u konačnici može dovesti do katastrofalnih posljedica za ekosustav i njegove usluge. Degradacija tla, ispuštanje stakleničkih plinova u atmosferu, visoke koncentracije pesticida u podzemnim vodama, smanjenje bioraznolikosti i broja prirodnih oprašivača samo su neki od negativnih učinaka konvencionalne poljoprivrede. Velik pritisak na ekološku poljoprivredu stvara potreba za osiguranjem dovoljne količine hrane za sve veću populaciju stanovništva korištenjem usluga ekosustava uz istodobno očuvanje okoliša. Kako bi se osigurala dostatna količina hrane potrebno je poduzeti mjere kojima će se smanjiti ili u potpunosti onemogućiti degradacija ili trajno oštećenje prirodnih resursa. Te mjere obuhvaćaju uvođenje primjerice konzervacijskog sustava obrade tla umjesto konvencionalnog, inkorporiranje ostataka usjeva umjesto njihovog spaljivanja, upotreba organskih gnojiva umjesto kemijskih, uvođenje biološke kontrole štetnika umjesto upotrebe pesticida kao i sjetva različitih biljnih vrsta u cvjetne trake (pojasevi bioraznolikosti) u svrhu privlačenja većeg broja oprašivača, neki su od načina kojima štitimo prirodne resurse (tlo, vodu, i dr.) uz smanjenu produkciju stakleničkih plinova, očuvanje i poticanje bioraznolikosti i ostalih usluga ekosustava. Iako je u ekološkom načinu uzgoja visina prinosa obično manja od prinosa dobivenog konvencionalnom načinom, usluge ekosustava koje koristimo u ekološkoj poljoprivredi ne nanose štetu okolišu, doprinose očuvanju biljnog i životinjskog svijeta i imaju izrazito pozitivan utjecaj na cjelokupni ekosustav.

10. POPIS LITERATURE

1. Agrawal, M. (2005.): Effects of air pollution on agriculture: an issue of national concern. *Natl Acad Sci Lett* 28:93–106.
2. Alexander, P., Rounsevell, M.D.A., Dislich, C., Dodson, J.R., Engstrom, K., Moran, D. (2015.): Drivers for global agricultural land use change: the nexus of diet, population, yield and bioenergy. *Glob Environ Chang* 35:138–147.
3. AZO, Agencija za zaštitu okoliša (2015.): Kartiranje i procjena ekosustava i njihovih usluga u Hrvatskoj. Dio studije „Izrada početne studija s utvrđenom vrijednosti ekosustava u RH uz procjenu troška uslijed gubitka, s priručnikom za praktično vođenje računovodstva ekosustava (Ecosystem accounting)“ (http://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/03_prirodne/studije/ekosustav/Kartiranje_i_procjena_ekosustava.pdf). Datum pristupa: 05.09.2019.
4. Bass, C., Denholm, I., Williamson, M.S., Nauen, R. (2015.): The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pest Biochem Physiol.* 121:78–87.
5. Batáry, P., Dicks, L.V., Kleijn, D., Sutherland, W.J. (2015.): The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology* 29:1006-1016.
6. Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D. (2003.): Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key?. *Trends Ecol Evol.* 18:182–88.
7. Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J. (2006.): Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science.* 313:351–4.
8. Björklund, J., Limburg, K.E. and Rydberg, T. (1999.): Impact of production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services: An example from Sweden. *Ecological Economics*, 29, 269-291.
9. Charudattan, R., Dinoor, A. (2000.): Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations. *Crop Protection* 19: 691-695.
10. De Bach P, Rosen D. (1991.): Biological control by natural enemies, 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge, p 440. ISBN 0-521-39191-1.
11. Diacono, M., Montemurro, F. (2010.): Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agron Sustain Dev* 30:401–422.
12. Dicks, L. (2013.): Bees, lies and evidence-based policy. *Nature* 494:283.

13. Donald, P.F., Green, R.F., Heath, M.F. (2001.): Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc R Soc B*. 268:25–9.
14. Dubois, D., Fließbach, A., Fried, P., Gunst, L., Mäder, P., Niggli, U. (2002.): Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming, *Science* 296, 1694, www.sciencemag.org.
15. Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M.A., Justes, E., Journet, E.P., Aubertot, J.N., Savary, S., Bergez, J.E., Sarthou, J.P. (2015.): How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agron Sustain Dev* 35:1259–1281.
16. Fahim, S.F. (2016.): Effectiveness of some plant essential oil formulations on the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its predacious mites of the family Phytoseiidae. PhD thesis, Faculty of Science, Ain Shams University, Cairo, p 246.
17. FAO (2011.): Organic farming and climate change mitigation. A report of the Round Table on Organic Agriculture and Climate Change. Rome, Italy.
18. Fiedler, A.K., Landis, D.A., Wratten, S.D. (2008.): Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biol Control*. 45:254–71.
19. Firšt, R., Galić Tomić, M., Jukić, K., Laginja, I., Novota Krajanović, D. (2004.): Uzgoj ljekovitog i aromatskog bilja u brdsko-planinskim područjima Hrvatske, ZOE-centar za održivi razvoj ruralnih krajeva, Zagreb.
20. Flowerdew, J.R. (1997.): Mammal biodiversity in agricultural habitats. In: Kirkwood RC, editor. *Biodiversity and conservation in agriculture: proceedings of an international symposium organised by the British Crop Protection Council*. p. 25–40.
21. Fox, M. W. (2008.): Agriculture, biotechnology, bioethnics and the global FDA – food-drug & agriculture complex, *Agronomski glasnik* 70 (2), 95-121.
22. Freibauer, A., Rounsevell, M.D.A., Smith, P., Verhagen, J. (2004.): Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122:1–23.
23. Fürst, M.A., McMahon, D.P., Osborne, J.L., Paxton, R.J., Brown, M.J.F. (2014.): Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators. *Nature* 506:364-366.
24. Garnett, T., Appleby, M.C., Balford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Hoffmann, I., Smith,

- P., Thornton, P.K., Toulmin, C., Vermeulen, S.J., Godfray, H.C.J. (2013.): Sustainable intensification in agriculture : premises and policies. *Science*, 341, 33-34.
25. Garnett, T., Godfray, H.C.J. (2012.): Sustainable Intensification in Agriculture. Navigating a Course Through Competing Food System Priorities. Food Climate Research Network and the Oxford Martin Programme on the Future of Food, University of Oxford, UK
 26. Garratt, M.P., Truslove, C.L., Coston, D.J., Evans, R.L., Moss, E.D., Dodson, C., Jenner, N., Biesmeijer, J.C., Potts, S.G. (2014.): Pollination deficits in UK apple orchards. *J Pollinat Ecol*. 12:9–14.
 27. Gaugler, R. (1992.): Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae). Department of Entomology, Rutgers University, New Brunswick New Jersey (in press).
 28. Gerson, U., Smiley, R.L., Ochoa, R. (2003.): Mites (Acari) for pest control. Blackwell Science, Hoboken, p 539.
 29. Godfray, H.C.J., Garnett, T. (2014.): Food security and sustainable intensification. *Philos. Trans. R. Soc. B*, 369, 20120273, 10.1098/rstb.2012.0273.
 30. Godfray, H.C.J., Blacquière, T., Field, L.M., Hails, R.S., Potts, S.G., Raine, N.E., Vanbergen, A.J., McLean, A.R. (2015.): A restatement of recent advances in the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. *Proceedings of the Royal Society B* 282:20151821.
 31. Govaerts, B., Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J.M., Deckers, J., Etchevers, J.D., Figueroa-Sandoval, B., Sayre, K.D. (2007.): Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. *Soil Till Res* 94:209–219.
 32. Green, M.B., LeBaron, H.M., Moberg, W.K. (1990.): Managing resistance to agrochemicals. From fundamental research to practical strategies. Washington: American Chemical Society.
 33. Gurr, G., Wratten, S. (2000.): Biological control: measures of success. Springer, Dordrecht, p 429.
 34. Hackett, M., Lawrence, A. (2014.): Multifunctional role of field margins in arable farming. European Crop Protection Association, Cambridge Environmental Assessments, ADAS UK Ltd. http://www.ecpa.eu/files/attachments/Field%20Margins%20Arable%20Farming_V02.pdf. Pristupila dana 03.09.2019.

35. Hajek, A.E. (2004.): Natural enemies: an introduction to biological control. Cambridge University Press, Cambridge
36. Hajek, A.E., Hurley, B.P., Kenis, M., Garnas, J.R., Bush, S.J., Wingfield, M.J., van Lenteren, J.C., Cock, M.J. (2016.b): Exotic biological control agents: a solution or contribution to arthropod invasions? *Biol Invasions* 18:953–96.
37. Hoddle, M. S., J. Grandgirard, J. Petit, G. K. Roderick, and N. Davies. (2006.): Glassy-winged sharpshooter Ko'ed—First round—in French Polynesia. *Biocontrol News and Information* 27(3): 47N–62N.
38. Hoffman, M.P., Frodsham, A.C. (1993.): Natural enemies of Vegetable and Insect Pests. Cooperative Extension, Cornell University, Ithaca, NY.
39. Horrigan, L., Lawrence, R.S., Walker, P. (2002.): How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environ Health Perspect* 110:445–456.
40. Hurni, H., Giger, M., Linigerm, H., Studerm, R.M., Messerli, P., Portner, B., Schwilch, G., Wolfgramm, B., Breu, T. (2015.): Soils, agriculture and food security: the interplay between ecosystem functioning and human well-being. *Curr Opin Environ Sustain* 15:25–34.
41. IARI (2012.): Crop residues management with conservation agriculture: potential, constraints and policy needs. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
42. Jug D., Birkás M., Kisić I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim okvirima. Sveučilišni udžbenik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tala (HDPOT), Osijek, Hrvatska, str. 275. ISBN: 978-953-7871-48-2
43. Jug D., Jug I., Vukadinović V., Đurđević B., Stipešević B., Brozović B. (2017.): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. Sveučilišni priručnik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tala (HDPOT), Osijek, Hrvatska, str. 176. ISBN: 978-953-7871-61-1
44. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Đurđević, B. (2018.): The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change. *Poljoprivreda*. 24(1), 35-44.
45. Jug, D., Đurđević, B., Birkás, M., Brozović, B., Lipiec, J., Vukadinović, V., Jug, I. (2019): Effect of conservation tillage on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Soil & Tillage Research* 194.
46. Jug, I. (2015.): Ekosustavi u ekološkoj poljoprivredi. Materijal s predavanja za studente diplomskog studija Ekološke poljoprivrede./

(http://ishranabilja.com.hr/literatura/ekosustavi/Ekosustavi%20u%20ekoloskom%20bilinogojstvu_I.pdf).

Datum pristupa: 16.08.2019.

47. Julien, M.H., Griffiths, M.W. (1998.): Biological Control of Weeds—a world catalogue of agents and their target weeds. 4th edition. CAB Publishing, Wallingford, UK.
48. Kennedy, C.M., Lonsdorf, E., Neel, M.C., Williams, N.M., Ricketts, T.H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A.L., Cariveau, D.+31 more. (2013.): A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters* 16:584-599.
49. Kerr, J.T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S.G., Roberts, S.M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S.R., Richardson, L.L.+4 more. (2015.): Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science* 349:177-180.
50. Kevan, P.G., Phillips, T.P. (2001.): The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conserv Ecol.* 5:8.
51. Klein A-M, Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. (2007.): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B* 274:303-313.
52. Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T. (2007.): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc R Soc B.* 274:303–13.
53. Kremen, C., Williams, N.M., Thorp, R.W. (2002.): Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proc Natl Acad Sci USA.* 99:16812–6.
54. Kühling, I., Trautz, D. (2013.): The Role of Organic Farming in Providing Ecosystem Services. *IJERD – International Jurnal of Environmental and Rural Development* .4-1
55. Lal, R. (2004.): Carbon emission from farm operations. *Environ Int* 30:981–990.
56. Lal, R. (2004.): Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304:1623–1627.
57. Lal, R., Pimentel, D. (2009.): Biofuels: beware crop residues. *Science* 326:1345–1346.
58. Liu, G.B. (1999.): Soil conservation and sustainable agriculture on the Loess Plateau: challenges and prospects. *Ambio* 28:663–668.
59. Liu, H., Li, J., Li, X., Zheng, Y., Feng, S., Jiang, G. (2015.): Mitigating greenhouse gas emission through replacement of chemical fertilizer with organic manure in temperate farmland. *Sci.Bull.* 60(6):598-606.

60. Mahr, S. (2017.): The role of biological control in sustainable agriculture. University of Wisconsin–Madison, Madison.
61. McCravy, K.W. (2008.): Conservation Biological Control. In: Capinera J.L. (eds) Encyclopedia of Entomology. Springer, Dordrecht.
62. McMahon, D.P., Fürst, M.A., Casper, J., Theodorou, P., Brown, M.J.F., Paxton, R.J. (2015.): A sting in the spit: widespread cross-infection of multiple RNA viruses across wild and managed bees. *Journal of Animal Ecology* 84:615-624.
63. Metcalf, C. L., W. P. Flint, and R. L. Metcalf. (1973.): *Destructive and Useful Insects, Their Habitats, and Control*. New Delhi: Tata McGraw–Hill Publishing Company.
64. Michelsen, J. (2001.): Recent Development and Political Acceptance of Organic Farming in Europe, *Sociologia Ruralis* 41 (1), 3-20.
65. Muller, A., Olsen, J., Smith, L., Davis, J., Dytrtova, K., Gattinger, A., Lampkin, N., Niggli, U. (2012.): Reducing Global Warming and Adapting to Climate Change: The Potential of Organic Agriculture (Working Papers in Economics 526) (Göteborg University, Göteborg, Sweden).
66. Nickle W. R. (1981.): Mermithid Parasites of Agricultural Pest Insects. *Journal of Nematology* 13 (3): 262-266.
67. Niggli, U., Fließbach, A., Hepperly, P. (2009.): Low greenhouse gas agriculture: mitigation and adaptation potential of sustainable farming systems. *Ökologie Landbau* 141:32-33.
68. Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S. (2011.): How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120:321-326.
69. Pe'er, G., Dicks, L.V., Visconti, P., Arlettaz, R., Báldi, A., Benton T.G., Collins S., Dieterich M., Gregory, R.D., Hartig, F., Henle, K., Hobson, P.R., Kleijn, D., Neumann, R.K., Robijns, T., Schmidt, J., Shwartz, A., Sutherland, W.J., Turbé, A., Wulf, F., Scott, A.V. (2014.): EU agricultural reform fails on biodiversity. *Science*, 344, 1090-1092.
70. Petersen, J. J. (1995.): Nematodes as Biological Control Agents: Mermithidae. *Parasitology* 24: 307-344.
71. Plieninger, T., Schleyer, C., Schaich, H., Ohnesorge, B., Gerdes, H., Hernández-Morcillo, M., Bieling, C. (2012.): Mainstreaming ecosystem services through reformed European agricultural policies. *Conserv. Lett.*, 5, 281-288.

72. Porter, J., Costanza, R., Sandhu, H., Sigsgaard, L. and Wratten, S. (2009.): The value of producing food, energy, and ecosystem services within an agro-ecosystem. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38, 186-193.
73. Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W.E. (2010.): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25:345-353.
74. Power, A.G. (2010.): Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365, 2959-2971.
75. Saleh, M.M.E. (2017.): Efficacy of entomopathogenic nematodes against Lepidopteran insect pests. In: Abd-Elgawad MMM, Askary TH, Coupland J (eds) *Biocontrol agents: entomopathogenic and slug parasitic nematodes*. CAB International, Oxfordshire, pp 157–173.
76. Sandhu, H.S., Wratten, S.D. and Cullen, R. (2010.): Organic agriculture and ecosystem services. *Environmental Science & Policy*, 13, 1-7.
77. Sarajuoghi, M., Mafakheri, S., Rostami, R., Shahbazi, S. (2012.): Rapeseed residue management for weed control and corn production. *Indian J Sci Technol* 5:2587–2589.
78. Smart, G. C. (1995.): Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. *Journal of Nematology* 27(4S): 529–534.
79. Sotherton, N.W., Self, M.J. (2000.): Changes in plant and arthropod diversity on lowland farmland: an overview. In: Aebischer NJ, Evans AD, Grice PV, Vickery JA, editors. *The ecology and conservation of lowland farmland birds*. British Ornithologist's Union; p. 26–35.
80. Stavi, I., Bel, G., Zaady, E. (2016.): Soil functions and ecosystem services in conventional, conservation, and integrated agricultural systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36:32.
81. Stout, J.C., Morales, C.L. (2009.): Ecological impacts of invasive alien species on bees. *Apidologie* 40:388-409.
82. Šiljković, Ž. (2001.): Južna Europa u ostvarenju koncepta ekološke poljoprivrede, *Geoadria* 6 (1), 93-112.
83. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Befort, B.L. (2011.): Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 108, 20260-20264.
84. Tilman, D. (1999.): Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *PNAS*, 96, 5995-6000.

85. Vadez, V., Berger, J.D., Warkentin, T., Asseng, S., Ratnakumar, P., Rao, K.P.C., Gaur, P.M., Munier-Jolain, N., Larmure, A., Voisin, A.S., Sharma, H.C., Pande, S., Sharma, M., Krishnamurthy, L., Zaman, M.A. (2012.): Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agron Sustain Dev* 32:31–44.
86. van Donk, S.J., Shaver, T.M., Petersen, J.L., Davison, D.R. (2012.): Effects of crop residue removal on soil water content and yield of deficit-irrigated soybean. *T ASABE* 55:149–157.
87. Van Driesche, R., Hoddle, M., Center, T. (2008.): Control of pests and weeds by natural enemies. Blackwell Publishing Limited, Malden.
88. Van Driesche, R.G., Hoddle, M.S. (2017.): Non-target effects of insect biocontrol agents and trends in host specificity since 1985. *CABI Rev* (in press)
89. van Lenteren, J.C. (2012.): The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*. 57:1-20.
90. Vanbergen, A.J., The Insect Pollinator Initiative. (2013.): Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and Environment* 11:251-259.
91. Weeden, C. R., A. M. Shelton, and M. P. Hoffman. (2007.): Biological control: A guide to natural enemies in North America. Cornell University College of Agriculture and Life Sciences.
92. Wilfert, L., Long, G., Leggett, H.C., Schmid-Hempel, P., Butlin, R., Martin, S.J., Boots, M. (2016.): Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by Varroa mites. *Science* 351:594-597.
93. Williams, A., Hedlund, K. (2014.): Indicators and trade-offs of ecosystem services in agricultural soils along a landscape heterogeneity gradient. *App Soil Ecol* 77:1–8.
94. Zdruli, P., Calabrese, J., Ladisa, G., Otekhile, A. (2014.): Impacts of land cover change on soil quality of manmade soils cultivated with table grapes in the Apulia Region of south-eastern Italy. *Catena* 121:13–21.
95. Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K. and Swinton, S.M. (2007.): Ecosystem services and disservices to agriculture. *Ecological Economics*, 64, 253-260.
96. Znaor, D. (1996.): *Ekološka poljoprivreda*, Nakladni zavod Globus, Zagreb.
97. <https://hr.deborahnormansoprano.com/obrazovanje/87643-chem-prirodnaya-ekosistema-otlichaetsya-ot-agroekosistemy-otlichiya-agrocenoza-ot-estestvennyhsistem.html>,
Datum pristupa: 16.08.2019.

98. <https://hr.carolchanning.net/obrazovanie/81354-ekosistemy-vidy-ekosistem-raznoobrazie-vidov-prirodnih-ekosistem.html>, Datum pristupa: 16.08.2019.
99. <https://wle.cgiar.org/content/what-are-ecosystem-services>, Datum pristupa: 16.08.2019.
100. <https://www.agroklub.com/eko-proizvodnja/vaznost-cvjetnih-traka-u-organskoj-proizvodnji/33040/>, Datum pristupa: 06.09.2019.
101. <https://blog.agrivi.com/hr/post/opracivaci-odravaju-poljoprivrednu-proizvodnju>, Datum pristupa: 18.08.2019.
102. <https://www.agrivi.com/pocetna/upravljanje-poljoprivrednom-proizvodnjom>, Datum pristupa: 18.08.2019.
103. <http://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>, Datum pristupa: 02.09.2019.
104. <https://blog.agrivi.com/hr/post/revolucija-u-poljoprivrednoj-proizvodnji-uzgoj-bez-obrade-tla>, Datum pristupa: 02.09.2019.
105. <https://blog.agrivi.com/hr/post/zaoravanje-biljnih-ostataka>, Datum pristupa: 05.09.2019.
106. <https://www.ekologija.com.hr/posljedice-efekta-staklenika/>, Datum pristupa: 06.09.2019.
107. https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Biological_pest_control, Datum pristupa: 10.09.2019.
108. <https://wiki.bugwood.org/HPIPMDisadvantages/Advantages>, Datum pristupa: 10.09.2019.
109. <https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>, Datum pristupa: 12.09.2019.
110. https://hr.carolchanning.net/images/obrazovanie/ekosistemi-vidi-ekosistem-raznoobrazie-vidov-prirodnih-ekosistem_2.jpg, Datum pristupa: 15.08.2019.
111. https://hr.carolchanning.net/images/obrazovanie/ekosistemi-vidi-ekosistem-raznoobrazie-vidov-prirodnih-ekosistem_6.jpg, Datum pristupa: 16.08.2019.
112. <https://figgypiggy.weebly.com/blog/previous/8>, Datum pristupa: 19.08.2019.
113. <https://gospodarski.hr/casopis/kako-zapoceti-s-ekoloskom-proizvodnjom/>, Datum pristupa: 19.08.2019.
114. <https://wle.cgiar.org/content/what-are-ecosystem-services>, Datum pristupa: 19.08.2019.

115. https://www.researchgate.net/figure/Millennium-Ecosystem-Assessment-approach-to-ecosystem-services-and-their-importance-for_fig8_319314681, Datum pristupa: 22.08.2019.
116. <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0959378015300145-gr1.jpg> , Datum pristupa: 22.08.2019.
117. https://es.123rf.com/photo_71297617_manos-del-cultivador-de-granos-contr-un-campo-de-trigo.html?fromid=dlk2NDFEcWR5cVltTUICRnZB, Datum pristupa: 23.08.2019.
118. <https://epodravina.hr/cvjetne-trake-u-poljima-donose-vecu-zaradu/>, Datum pristupa: 25.08.2019.
119. <https://clipartstation.com/pollination-clipart-5/>, Datum pristupa: 27.08.2019.
120. <https://www.flickr.com/photos/37391441@N00/17382111012/in/photostream/>, Datum pristupa: 27.08.2019.
121. <http://www.insectgraphics.com/morenews.html>, Datum pristupa: 28.08.2019.
122. <https://www.agrivi.com/en/farm-management>, Datum pristupa: 28.08.2019.
123. <https://blog.agrivi.com/hr/post/oprašivaci-održavaju-poljoprivrednu-proizvodnju>, Datum pristupa: 28.08.2019.
124. <https://medium.com/datadriveninvestor/why-ploughing-is-such-a-bad-idea-62956c17967c>, Datum pristupa: 30.08.2019.
125. <https://medium.com/datadriveninvestor/why-ploughing-is-such-a-bad-idea-62956c17967c>, Datum pristupa: 30.08.2019.
126. <http://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>, Datum pristupa: 30.08.2019.
127. <https://blog.agrivi.com/hr/post/najbolje-prakse-za-iskorištenje-posliježetvenih-ostataka>, Datum pristupa: 30.08.2019.
128. <https://blog.agrivi.com/hr/post/revolucija-u-poljoprivrednoj-proizvodnji-uzgoj-bez-obrade-tla>, Datum pristupa: 30.08.2019.
129. <https://blog.agrivi.com/post/plant-residue-management>, Datum pristupa: 01.09.2019.
130. http://galeri.netfotograf.com/fotograf.asp?foto_id=559343&syf=3, Datum pristupa: 01.09.2019.
131. <http://www.industrytap.com/the-big-picture-breakdown-of-greenhouse-gases/6201/globalghgemissionsbygas-2>, Datum pristupa: 02.09.2019.
132. <https://www.globalagriculture.org/report-topics/climate-and-energy.html>, Datum pristupa: 02.09.2019.

133. https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-5-Absorciones-fuentes-de-emision-de-GEI-y-procesos-en-ecosistemas-gestionados_fig1_274720157,
Datum pristupa: 02.09.2019.
134. <https://www.maslinar.com/parazitske-osice-unistavaju-moljca/>, Datum pristupa:
05.09.2019.
135. <https://uspest.org/potato/mitepredators.html>, Datum pristupa: 05.09.2019.
136. <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/korisni-kukci-u-poljoprivredi/>, Datum pristupa:
05.09.2019.
137. <https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>, Datum
pristupa: 05.09.2019.
138. <https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>, Datum
pristupa: 06.09.2019.
139. <https://owlcation.com/stem/Advantages-Disadvantages-of-Biological-Control>, Datum
pristupa: 10.09.2019.
140. <https://www.eea.europa.eu/hr/themes/bioraznolikost-ekosustavi/bioraznolikost-ekosustavi>, Datum pristupa: 05.09.2019.

11. SAŽETAK

Usluge ekosustava, kao što su polinacija, regulacija populacije, biološka kontrola, ciklus hraniva, formiranje tla i dr. od ključnog su značaja za održivost proizvodnje hrane, sirovina i prirodnih vlakana. Smanjenje sposobnosti agroekosustava za pružanjem navedenih usluga predstavlja ozbiljnu prijetnju za osiguranjem dostatne količine i kvalitete proizvedene hrane kao i za sigurnosti hrane diljem svijeta. Cilj ovog rada je objasniti koncept usluga ekosustava i njihove primjene u ekološkoj poljoprivredi kako bi se ublažili pojedini negativni utjecaji intenzivne poljoprivredne proizvodnje i osigurala sigurnost hrane. Ovakav pristup proizvodnji značajno utječe na očuvanje prirodnih resursa, omogućujući agroekosustavima pružanje njegovih usluga te osiguravajući dostatnu količinu proizvedene hrane za rastuću populaciju stanovništva bez štetnog utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš.

Ključne riječi: Ekološka poljoprivreda, agroekosustavi, usluge ekosustava, sigurnost hrane.

12. SUMMARY

Ecosystem services such as pollination, population regulation, biological control, nutrient cycling, soil formation, etc. are vital for the sustainability of food, raw materials and natural fibers production. The decline in the ability of the agroecosystem to provide these services is a serious threat to ensuring the sufficient quantity and quality of food produced, as well as to food security worldwide. The aim of this paper is to explain the concept of ecosystem services and their applications in organic agriculture to mitigate some of the negative impacts of intensive agricultural production and ensure food security. This approach to production has a significant impact on the conservation of natural resources, enabling agroecosystems to provide its services and ensuring that sufficient food is produced for the growing population without adversely affecting human health and the environment.

Key words: Organic agriculture, agroecosystems, ecosystem services, food security

13. POPIS SLIKA

Slika 1. Prirodni ekosustav	4
Slika 2. Antropogeni ekosustav	5
Slika 3. Prirodna međuovisnost.....	6
Slika 4. Načela ekološke poljoprivrede	7
Slika 5. Korištenje usluga ekosustava	8
Slika 6. Usluge ekosustava	9
Slika 7. Povezanost čovjeka i ekosustava.....	10
Slika 8. Uzgoj hrane	11
Slika 9. Cvjetni pojas na oranici	12
Slika 10. Oprašivanje.....	14
Slika 11. Pčela oprašuje uljanu repicu.....	15
Slika 12. Utjecaj oprašivača na jagode.....	16
Slika 13. Utjecaj oprašivača na maline	16
Slika 14. Divlji i domaći oprašivači	17
Slika 15. Razlika između obrađenih i neobrađenih ekosustava.....	19
Slika 16. Degradirano tlo.....	20
Slika 17. Načela konzervacijske poljoprivrede	21
Slika 18. Sijačica za sjetvu bez obrade tla	22
Slika 19. Dubina prodora korijena biljke.....	23
Slika 20. Upravljanje žetvenim ostacima	24
Slika 21. Žetveni ostaci kao stanište životinjskim vrstama	25
Slika 22. Emisija stakleničkih plinova	26
Slika 23. Emisija stakleničkih plinova prema gospodarskom sektoru	27
Slika 24. Emisija stakleničkih plinova u ekosustavu	28
Slika 25. Parazitska osica sprječava napad maslinovog moljca	30
Slika 26. Predatorska grinja.....	31
Slika 27. Bubamara - predator lisnih uši	31
Slika 28. Zlatooka - predator lisnih uši.....	31
Slika 29. Ličinka parazitirana entomopatogenom nematodom	32
Slika 30. Prednosti i nedostaci biološke kontrole	35

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, smjer Ekološka poljoprivreda

Diplomski rad

Ekološka poljoprivreda i usluge ekosustava

Larisa Bertić

Sažetak:

Usluge ekosustava, kao što su polinacija, regulacija populacije, biološka kontrola, ciklus hraniva, formiranje tla i dr. od ključnog su značaja za održivost proizvodnje hrane, sirovina i prirodnih vlakana. Smanjenje sposobnosti agroekosustava za pružanjem navedenih usluga predstavlja ozbiljnu prijetnju za osiguranjem dostatne količine i kvalitete proizvedene hrane kao i za sigurnosti hrane diljem svijeta. Cilj ovog rada je objasniti koncept usluga ekosustava i njihove primjene u ekološkoj poljoprivredi kako bi se ublažili pojedini negativni utjecaji intenzivne poljoprivredne proizvodnje i osigurala sigurnost hrane. Ovakav pristup proizvodnji značajno utječe na očuvanje prirodnih resursa, omogućujući agroekosustavima pružanje njegovih usluga te osiguravajući dostatnu količinu proizvedene hrane za rastuću populaciju stanovništva bez štetnog utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Zavod za biljnu proizvodnju i biotehnologiju

Mentor: prof. dr. sc. Irena Jug

Broj stranica: 49

Broj grafikona i slika: 30

Broj tablica: 0

Broj literaturnih navoda: 140

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: Ekološka poljoprivreda, agroekosustavi, usluge ekosustava, sigurnost hrane.

Datum obrane: 27.09.2019.

Stručno povjerenstvo za obranu:

Izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, predsjednik

Prof. dr. sc. Irena Jug, mentor

Izv. prof. dr. sc. Dalida Galović, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies, Organic agriculture

Graduate thesis

Organic agriculture and ecosystem services

Larisa Bertić

Abstract:

Ecosystem services such as pollination, population regulation, biological control, nutrient cycling, soil formation, etc. are vital for the sustainability of food, raw materials and natural fibers production. The decline in the ability of the agroecosystem to provide these services is a serious threat to ensuring the sufficient quantity and quality of food produced, as well as to food security worldwide. The aim of this paper is to explain the concept of ecosystem services and their applications in organic agriculture to mitigate some of the negative impacts of intensive agricultural production and ensure food security. This approach to production has a significant impact on the conservation of natural resources, enabling agroecosystems to provide its services and ensuring that sufficient food is produced for the growing population without adversely affecting human health and the environment.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Department for Plant Production and Biotechnology

Mentor: Full Professor Irena Jug

Number of pages: 49

Number of figures: 30

Number of tables: 0

Number of references: 140

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: Organic agriculture, agroecosystems, ecosystem services, food security

Thesis defended on date: 27.09.2019.

Reviewers:

1. Associate Professor Boris Đurđević, chairman
2. Full Professor Irena Jug, mentor
3. Associate Professor Dalida Galović, member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek